

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Vergleichende Evaluierung der Therapieergebnisse nach Ruptur
des vorderen Kreuzbandes bei Hunden kleinwüchsiger Rassen
nach chirurgischer Versorgung mittels Umstellungsosteotomie
(TPLO) oder extrakapsulärer Technik.

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von Björn Berger
aus Meppen

München 2014

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Johann Maierl

Tag der Promotion: 12.07.2014

Meiner Familie und Christiane

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG.....	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	4
1.	Die Anatomie des Kniegelenks des Hundes.....	4
1.1.	Der knöcherne Aufbau.....	4
1.2.	Die Gelenkkapsel.....	5
1.3.	Die Menisken und deren Bänder	6
1.4.	Die Seitenbänder und Bandstrukturen des Femoropatellargelenks	6
1.5.	Die Kreuzbänder.....	7
1.6.	Die Muskulatur im Bereich des Kniegelenks.....	7
1.7.	Die Innervation	8
1.8.	Die Blutgefäßversorgung.....	9
1.9.	Die Biomechanik und funktionelle Anatomie des Kniegelenks.....	9
2.	Die Ruptur des Ligamentum cruciatum craniale beim Hund.....	12
2.1.	Ätiopathogenese des vorderen Kreuzbandrisses	12
2.2.	Diagnosestellung einer vorderen Kreuzbandruptur beim Hund	14
2.2.1.	Manipulative Tests der klinischen Untersuchung (Schubladentest, Tibiakompressionstest).....	16
2.2.2.	Bildgebende Untersuchungsverfahren.....	19
2.2.3.	Ätiologie und Diagnosestellung von Meniskusläsionen	21
2.3.	Therapien der Ruptur des vorderen Kreuzbandes beim Hund	26
2.3.1.	Die konservative Therapie.....	26
2.3.2.	Die chirurgische Therapie	27
2.3.2.1.	Die intraartikulären Methoden.....	28
2.3.2.2.	Extraartikuläre Stabilisierungsmethoden.....	31
2.3.2.3.	Dynamische Operationsmethoden (Umstellungsosteotomien)	40
2.3.2.4.	Besonderheiten der Therapie der vorderen Kreuzbandruptur bei kleinen Hunderassen	48
III.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	50
1.	Patientengut, Material und Methoden.....	50
1.1.	Patientengut	50
1.2.	Untersuchungsablauf	50

1.2.1.	Klinisch-orthopädische Untersuchung	51
1.2.2.	Die röntgenologische Untersuchung	52
1.2.3.	Die computergestützte Ganganalyse	56
1.2.4.	Vorbereitung der Patienten für den operativen Eingriff.....	58
1.2.5.	Die Tibial Plateau Leveling Osteotomie (TPLO).....	59
1.2.6.	Die Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung.....	60
1.2.7.	Nachsorge der Patienten	62
1.2.8.	Kontrolluntersuchungen	63
1.2.9.	Der Besitzerfragebogen	63
1.2.10.	Statistik	63
IV.	ERGEBNISSE.....	65
1.	Patienten	65
2.	Ergebnisse der Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO)	69
3.	Ergebnisse der Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung (KFR und FD)	70
4.	Vergleich der Ergebnisse beider Operationsmethoden	72
V.	DISKUSSION	76
VI.	ZUSAMMENFASSUNG.....	86
VII.	SUMMARY	88
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	90
IX.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	104
X.	TABELLENVERZEICHNIS	107
XI.	ANHANG	108
1.	Besitzerfragebogen	108
2.	Klinisch-orthopädisches Untersuchungsprotokoll	109
XII.	DANKSAGUNG	113

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A.	Arteria
CTWO	Cranial Tibial Wedge Osteotomy
et al.	et alii
ggf.	Gegebenenfalls
i.m.	Intramuskulär
i.v.	Intravenös
KGW	Körpergewicht
KFR und FD	Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
M.	Musculus
M. ext. dig. long.	Musculus extensor digitorum longus
N.	Nervus
TPLO	Tibial Plateau Leveling Osteotomy
TTA	Tibial Tuberosity Advancement
TTO	Triple Tibial Osteotomy
vKB	vorderes Kreuzband
vKBR	vorderer Kreuzbandriss

I. EINLEITUNG

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (vKB) ist die häufigste Ursache für Lahmheiten der Hintergliedmaßen beim Hund (JOHNSON et al., 1994; NESS et al., 1996) und führt zu einer belastungsabhängigen Dislokation von *Tibia* und *Femur* relativ zueinander (KIM et al., 2012). Diese Instabilität führt aufgrund der Schmerzhaftigkeit zu einer Lahmheit und im weiteren Verlauf zu degenerativen Gelenkveränderungen. Im Rahmen von klinischen (MCCURNIN et al., 1971; POND&CAMPBELL, 1972) und experimentellen Untersuchungen (MARSHALL, 1969; MARSHALL&SE, 1971) konnten neben einer periartikulären Osteophytenbildung eine Gelenkkapselverdickung und eine nachhaltige degenerative Beeinflussung der Menisken (MARSHALL, 1969; ARNOCK&MARSHALL, 1977) nachgewiesen werden. Durch die Häufigkeit der Erkrankung und die oft starke Ausprägung dieser Veränderungen bei ausbleibender Therapie, welche oft mit einer Funktionseinschränkung oder gar einem Funktionsverlust der betroffenen Gliedmaße einhergehen, kommt der Ruptur des vKB beim Hund besondere Bedeutung zu. Nach der Erstbeschreibung des vKB durch CARLIN im Jahr 1926 wurden bis heute viele unterschiedliche Methoden zur Kniegelenksstabilisierung beim Hund entwickelt. Erst 1952 beschrieb PAATSAMA dann die klinische Manifestation dieser muskuloskelettalen Erkrankung und zudem eine intraartikuläre Operationsmethode als therapeutische Möglichkeit. In den Folgejahren etablierten sich vorerst verschiedene intraartikuläre, später dann diverse extraartikuläre Operationstechniken (DEANGELIS&LAU, 1970; FLO, 1975; HULSE et al., 1980; GAMBADELLA et al., 1981). Studien zufolge lassen sich besonders bei Patienten mit geringem Körpergewicht gute Ergebnisse mit den wenig invasiven extraartikulären Techniken erzielen (TIMMERMANN et al., 1996; ALLGOEWER et al., 2000; ALT, 2000). Bei schwereren Patienten scheint die Effektivität dieser Stabilisierungsmethoden jedoch nachzulassen (TIMMERMANN et al., 1996). So kann es zu einer persistierenden oder rezidivierenden Kniegelenksinstabilität und einer damit einhergehenden Lahmheit kommen. Gründe hierfür könnten das Lockern, Reißen, Ausreißen oder das Ausdehnen des eingebrachten Nahtmaterials sein (BÖTTCHER et al., 2010). Untersuchungen zu diesen möglichen Komplikationen zeigen, dass neben der Wahl des Patienten (CASALE&MCCARTHY, 2009) für den jeweiligen vor-

gesehenen Eingriff, der Wahl des verwendeten Implantatmaterials (LODATO et al., 2013) und der exakten Positionierung von *Femur* und *Tibia* in einem korrekten Kniegelenkwinkel (FISCHER et al., 2010) auch bestimmte Fadenverankerungspunkte (ROE et al., 2008), welche eine größtmögliche Isometrie für das Fadenmaterial bieten, entscheidend für den Erfolg des Eingriffs sind. So konnte belegt werden, dass eine Isometrie einer extraartikulären lateralen Fadenzügelung zwar nicht vollständig gewährleistet werden kann (ROE et al., 2008; FISCHER et al., 2010), es jedoch erhebliche Unterschiede hinsichtlich der auf das Material wirkenden Spannung sowohl bei unterschiedlichen Verankerungspunkten an *Femur* und *Tibia*, als auch bei unterschiedlichen Kniegelenkwinkeln zum Zeitpunkt der Implantatfixierung gibt. Neben Komplikationen wie Lockerungen, Reißen oder Ausreißen des extraartikulär angebrachten Implantats können bei den intraartikulären Techniken zusätzlich avaskuläre Nekrosen verwendeter Autotransplantate zu der Notwendigkeit eines erneuten Eingriffs führen (AMIEL et al., 1986). Einen anderen Ansatz der Versorgung des vKB bieten Operationsverfahren mit dynamischer Stabilisierung durch Osteotomien der proximalen Tibia (SLOCUM&SLOCUM, 1993; MONTAVON et al., 2002). Auch wenn diese die femorotibialen Kontaktmechanismen eines gesunden kaninen Kniegelenks nicht vollständig herstellen (KIM et al., 2009), erzielen sie durch Verhinderung der tibialen Translation insbesondere bei großen Hunden sehr gute klinische und ganganalytische Ergebnisse (VASSEUR&BERRY, 1992; RAYWARD et al., 2004; BOYD et al., 2007; BÖDDEKER et al., 2012; CHRISTOPHER et al., 2013; NELSON et al., 2013). Auch bei leichtgewichtigen Hunderassen werden diese Techniken zur Versorgung der Ruptur des vKB angewendet (MATIS, 2010; VEZZONI, 2010). Doch ob die deutlich invasiveren Umstellungsosteotomien, welche derzeit hauptsächlich bei schweren Hunderassen durchgeführt werden (LAZAR et al., 2005; GATINEAU et al., 2011; IMHOLT et al., 2011; THOMPSON et al., 2011), zukünftig auch bei kleinwüchsigen Hunderassen gegenüber den extra- oder intrakapsulären Techniken aufgrund verbesserter Ergebnisse Anwendung finden sollten, wurde bisher nicht verglichen. Die Kapselfasziensraffung und Fasziendopplung hat, als eine der wenig invasiven extraartikulären Operationsverfahren zur Stabilisierung des kaninen Kniegelenks nach Ruptur des vKB, insbesondere bei kleinen Hunden bereits nachweislich zufriedenstellende klinische und ganganalytische Ergebnisse erzielt (TIMMERMAN et al., 1996; ALLGOEWER et al., 2000; ALT, 2000;

BÖDDEKER et al., 2012). Um die Resultate von einer extrakapsulären Technik mit der invasiveren Umstellungsosteotomie bei kleinen Hunden unter Verwendung einheitlicher Parameter zu untersuchen, sollte in der vorliegenden Arbeit das Ergebnis der Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) mit demjenigen der Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung (KFR und FD) bei Hunden unter 15kg Körpergewicht und einer Ruptur des vKB verglichen werden.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Die Anatomie des Kniegelenks des Hundes

Zur Beschreibung der anatomischen Verhältnisse des Kniegelenks des Hundes wurden die Lehrbücher von (NICKEL et al., 1992), KÖNIG und LIEBICH (1999) und SLATTER (2003) herangezogen.

1.1. Der knöcherne Aufbau

Das Kniegelenk (*Articulatio genus*) des Hundes ist ein zusammengesetztes, inkongruentes und unvollkommenes Wechselgelenk und besteht aus dem Kniekehlgelenk (*Articulatio femorotibialis*) und dem Kniescheibengelenk (*Articulatio femoropatellaris*). Im Kniekehlgelenk artikulieren die stark abgerundeten Kondylen des *Os femoris* mit den beinahe ebenen Tibiakondylen. Zwischen diesen funktionellen Gelenkflächen liegen die *Tubercula intercondylares* und die *Eminentia intercondylaris*, welche in die *Fossa intercondylaris* hineinragen. Die Femurkondylen haben an ihren abaxialen Seitenflächen kleine Bandhöcker (*Epicondylus lateralis und medialis*), welche als Ursprung der Seitenbänder (*Ligamentum collaterale laterale und mediale*) dienen. Weiterhin befinden sich nahe der funktionellen Gelenkfläche des lateralen Femurkondylus zwei knöcherne Einziehungen, die im kranialen Bereich Ursprung des *M. extensor digitorum longus* (*M. ext. digit. long.*; *Fossa extensoria*) und im kaudalen Bereich jener des *M. popliteus* (*Fossa musculi poplitei*) darstellen. Als Vesalische Knochen werden zwei Sesambeine (*Ossa sesamoidea bina*) bezeichnet, die sich auf einer ebenen Gelenkfläche kaudal der beiden Femurkondylen befinden und Ursprung des *M. gastrocnemius* sind (*Ossa sesamoidea musculi gastrocnemii*).

Das proximale Ende der *Tibia* (*Extremitas proximalis*) besitzt kranial und kaudal der bereits erwähnten *Eminentia intercondylaris* und ihrer kleinen zentralen *Area intercondylaris centralis* zwei weitere kleine Vertiefungen, welche als Ansatzstellen der Kreuzbänder dienen (*Area intercondylaris cranialis und caudalis*). Die Kranialfläche der proximalen Tibia wird durch den *Margo cranialis* in einen lateralen muskeltragenden und einen medialen muskelfreien Bereich geteilt. Im weiteren distoproximalen Verlauf verdickt sich diese zur prominenten Schienbeinbeu-

le, der *Tuberositas tibiae*, welche als Ansatzstelle für das *Ligamentum patellae* dient. Unterhalb des *Margo cranialis* befindet sich eine Rauigkeit für den Ansatz des *M. semitendinosus*. Die Kaudolateralfläche besitzt zudem eine kleine Gelenkfläche, die der Artikulation von *Tibia und Fibula* dient. Die *Fibula* liegt der deutlich kräftigeren *Tibia* lateral und parallel an.

Im Kniescheibengelenk (*Articulatio femoropatellaris*) artikuliert die als Sesambein in die Endsehne des *M. quadriceps femoris* eingelagerte *Patella* mit der Gelenkfläche der Kniescheibenrolle (*Trochlea ossis femoris*), welche sich kranial und mittig der Femurkondylen befindet. Diese besitzt eine zentrale Furche (*Sulcus trochlearis*), welche von zwei seitlichen Rollkämmen flankiert wird und somit die Bewegungsrichtung der *Patella* dirigiert.

1.2. Die Gelenkkapsel

Die Gelenkkapsel des Kniegelenks des Hundes besteht aus einer äußeren *Membrana fibrosa*, welche an den Gelenkrändern und den Außenrändern der Menisken anheftet und somit beide Kondylen vollständig umschließt, und einer inneren *Membrana synovialis*, die sich entsprechend der Ansatzstellen der *M. fibrosa* von dieser trennt und so zur Bildung von zwei Synovialhöhlen führt. Im Bereich des Femoropatellargelenks reicht die Gelenkkapsel weit nach proximal unter die Sehne des *M. quadriceps femoris*. Kaudal umschließt sie die von den *Ossa sesamoidea musculi gastrocnemii* gebildeten Gelenke. In der Gelenkkapsel kommunizieren sowohl das laterale und das mediale Femorotibialgelenk, das Femoropatellargelenk, als auch das proximale Tibiofibulargelenk. Lateral buchtet sich die *Capsula articularis* in den *Sulcus extensorius* der *Tibia* nach distal aus und umgreift die Ursprungssehne des *M. extensor digitorum longus*. Sie bildet somit deren Schleimbeutel. Eine zweite Exkavation des lateralen Gelenksacks umschließt die Sehne des *M. popliteus*.

1.3. Die Menisken und deren Bänder

Die sichelförmigen Menisken (*Menisci articulares*) bestehen aus Faserknorpel und befinden sich sowohl lateral, als auch medial zwischen *Femur* und *Tibia*. Sie haben einen scharfen konkaven Innenrand und einen dicken konvexen Außenrand. Der *Tibia* liegen sie eben auf und die den Femurkondylen zugewandte Fläche ist leicht vertieft. Durch diesen strukturellen Aufbau gleichen sie die Inkongruenz des Femorotibialgelenks aus und bieten darüber hinaus eine mechanische Pufferkapazität. Der mediale Meniskus ist an seiner abaxialen Fläche fest mit dem medialen Seitenband verwachsen, wohingegen der laterale Meniskus vom *Lig. collaterale laterale* durch die Ursprungssehne des *M. popliteus* getrennt ist. Die Menisken sind im kranialen Bereich durch das *Lig. tibiale craniale menisci laterale und mediale* zur *Area intercondylaris cranialis* an der *Tibia* befestigt. Zudem sind beide Vorderhörner miteinander über das *Lig. transversum genus* miteinander verbunden. Im kaudalen Bereich wird der laterale Meniskus (*Meniscus articularis lateralis*) über das *Lig. tibiale caudale menisci laterale* an der *Incisura poplitea* und somit an der *Tibia* befestigt. Der mediale Meniskus (*Meniscus articularis medialis*) hingegen erhält seine Befestigung zur *Tibia* durch das *Lig. tibiale caudale menisci mediale*, welches an der *Area intercondylaris caudalis* inseriert. Das *Lig. meniscomemorale* befestigt zudem den Kaudalrand des lateralen Meniskus an der *Area intercondylaris* des *Condylus medialis ossis femoris*.

1.4. Die Seitenbänder und Bandstrukturen des Femoropatellargelenks

Die Seitenbänder verbinden als kräftige Faserbündel den Ober- und Unterschenkel miteinander. Das *Lig. collaterale laterale* entspringt am *Epicondylus lateralis ossis femoris* verläuft dann nach distal und inseriert am *Caput fibulae*. Das *Lig. collaterale mediale* entspringt am *Epicondylus medialis ossis femoris*, ist etwas weiter distal mit dem medialen Meniskus verwachsen und inseriert dann am *Condylus medialis tibiae*. Zu den Bandstrukturen des Femoropatellargelenks gehören die *Retinacula patellae* und das *Lig. patellae*. Erste stellen mediale und laterale Verstärkungen der Faszie dar, die breitflächig zwischen der Endsehne des *M. quadriceps femoris*, der Basis und der Seitenfläche der *Patella* und dem Oberschenkel, sowie den Kondylen des Unterschenkels verlaufen. Sie helfen die Knie- scheibe im *Sulcus trochlearis* des Oberschenkelknochens in Position zu halten. Als Teil der *Retinacula patellae* verlaufen das *Lig. femoropatellare laterale* und

mediale vom jeweiligen *Os sesamoideum musculi gastrocnemii* zum Seitenrand der *Patella*. Der an *Femur* und Darmbeinsäule entspringende *M. quadriceps femoris* inseriert sehnig an der *Tuberositas tibiae*. Als Sesambein ist die *Patella* in diesen eingelagert. Das *Lig. patellae* entspricht demnach dem sehnigen Anteil des *M. quadriceps femoris* von der *Patella* bis zur *Tuberositas tibiae*. Zwischen der Gelenkkapsel und dem *Lig. patellae* befindet sich der Kniefettkörper (*Corpus adiposum infrapatellare*). Etwas proximal des Ansatzes des Kniescheibenbandes ist der Sehne ein Schleimbeutel (*Bursa infrapatellaris*) unterlagert.

1.5. Die Kreuzbänder

Das vordere (*Lig. cruciatum craniale*) und das hintere Kreuzband (*Lig. cruciatum caudale*) verlaufen zwischen *Femur* und *Tibia* in der *Fossa intercondylaris*. Beide besitzen einen synovialen Überzug. Demnach verlaufen die *Ligg. cruciata genus* intrakapsulär und extrasynovial. Das vordere Kreuzband entspringt an dem kaudomedialen Anteil des lateralen Femurkondylus in der *Fossa intercondylaris* und verläuft diagonal zu seinem Ansatzpunkt an der *Tibia*, der *Area intercondylaris centralis*. Es besteht aus einem kranio medialen und einem etwas größeren kaudolateralen Anteil, welche die zwei funktionellen Anteile des Bandes darstellen. Das hintere Kreuzband entspringt an der lateralen Fläche des medialen Femurkondylus in der *Fossa intercondylaris*. Es verläuft in kaudodistaler Richtung zur *Incisura poplitea* und zur *Area intercondylaris caudalis*. Es ist, wie auch das *Lig. cruciatum craniale*, ebenfalls in zwei funktionelle Einheiten unterteilt. Dabei stellt der kraniale Anteil den größeren und der kaudale den kleineren dar.

1.6. Die Muskulatur im Bereich des Kniegelenks

Neben den primären Stabilisatoren, wie der Gelenkkapsel, der Seiten- und Kreuzbänder und der Menisken hat die Muskulatur im Bereich des Kniegelenks ebenfalls eine wichtige Funktion bei der Bewegung und dynamischen Stabilisierung. Der *M. quadriceps femoris* entspringt mit einem Kopf an der Darmbeinsäule und mit drei weiteren am Oberschenkelknochen. Er endet mit seinem muskulotendinösen Übergang in dem *Lig. patellae* und ist zugleich der stärkste Strecker des Kniegelenks. Der *M. popliteus* entspringt in der *Fossa musculi poplitei* des *Condylus lateralis* des *Femurs*, inseriert am proximalen medialen

Rand der *Tibia* und ist somit ein wichtiger Beuger und Einwärtsdreher des Kniegelenks bzw. des Unterschenkels. Weitere Muskeln sind zwar nicht unmittelbar am Kniegelenk lokalisiert, spielen aber für die Funktion eine wichtige Rolle. Der *M. biceps femoris* entspringt mit seinem ausgeprägten kranialen Anteil am *Lig. sacrotuberale* und am *Os sacrum* und mit einem schwächeren Anteil am Sitzbein. Er verläuft als breitflächiger Muskel am lateralen Oberschenkel und verschmilzt mit der *Fascia lata*, der *Fascia cruris* und der *Fascia genus* und zieht zur *Patella* und dem *Lig. patellae*. Als Fersenbeinsehne setzt eine sich abspaltende Endsehne am *Tuber calcanei* an. Der Wirbelkopf des Muskels wirkt so als Strecker und der Beckenkopf als Beuger des Kniegelenks. Der *M. semitendinosus* entspringt ventrolateral am äußeren Sitzbeinwinkel und inseriert medial am *Margo cranialis tibiae* und entlässt ebenfalls eine Fersenbeinsehne an das Fersenbein. Er ist ein Beuger des Gelenks. Der rein muskulöse *M. semimembranosus* entspringt mit einem Beckenkopf ventral am Sitzbein und zieht zum *Condylus medialis femoris* und *tibiae*. Er ist ein Strecker des Kniegelenks. Der *M. gracilis* entspringt aponeurotisch an der Beckensymphyse, strahlt in die *Fascia cruris* und inseriert zudem an der *Crista tibiae*. Er unterstützt die Streckung des Knies. Der *M. sartorius* entspringt an der Darmbeinsäule und dem *Tuber coxae*. Er verschmilzt mit der *Fascia cruris* und unterstützt, wie auch der *M. gracilis*, die Gelenkstreckung. Zudem stellt der distal am kaudalen *Femur* entspringende *M. gastrocnemius* einen zusätzlichen Beuger dar. Seine Insertionsstelle ist der *Tuber calcanei*.

1.7. Die Innervation

Ausgehend vom *Plexus lumbalis* und dem *Plexus sacralis* bietet der *N. tibialis* die primäre Innervation der lateralen und der *N. saphenus* diejenige der medialen Seite des Gelenks. Der *N. iliohypogastricus*, der *N. cutaneus femoris lateralis* und der *N. fibularis communis* innervieren mit ihren *Rami* die Haut in diesem Bereich. Mechanorezeptoren, die die belastungsabhängigen biomechanischen Verhältnisse des Gelenks über afferente Fasern weiterleiten, lassen sich insbesondere im vorderen Kreuzband nachweisen.

1.8. Die Blutgefäßversorgung

Die *A. genus descendens* versorgt das *Corpus adiposum infrapatellare*, sowie den medialen Patellar- und Kniekehlbereich und bildet zusammen mit der *A. poplitea* ein feines Gefäßgeflecht, das *Rete articulare genus*. Die mediale Gelenkseite wird hauptsächlich von der *A. saphena medialis* versorgt, wohin gegen die Blutzufuhr der lateralen Seite über der *A. caudalis femoris distalis* stattfindet. Die endoligamentäre Blutversorgung der Kreuzbänder findet sowohl von kranial, als auch von kaudal statt. Die Menisken hingegen werden lediglich in der Peripherie und nur zu 15 – 25% von kapsulären Blutgefäßen versorgt.

1.9. Die Biomechanik und funktionelle Anatomie des Kniegelenks

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten lässt das Kniegelenk mit seinen ungleichen Gelenkflächen, den Bandstrukturen und den Menisken fast ausschließlich eine Bewegung in sagittaler Ebene zu. Eine uniplanare Rotation um eine stationäre Achse ist somit nicht möglich. Die Differenz zwischen maximaler Extension und maximaler Flexion beträgt etwa 140° (MANN et al., 1988), kann aber rasseabhängig variieren. Die biomechanischen Gegebenheiten des Kniegelenks des Hundes basieren auf einem Zusammenspiel von *passiven* und *aktiven Stabilisatoren*. Die passiven Stabilisatoren sind primär aus dem Bandapparat des Gelenks (*Lig. collaterale laterale und mediale*, *Lig. cruciatum craniale und caudale*), den Menisken und der Gelenkkapsel mit seinen *Retinaculae* und Femoropatellarbändern zusammengesetzt. Die aktiven hingegen bestehen aus den bereits genannten Muskeln im Bereich des Kniegelenks und deren synergistischem neurorezeptorgesteuerten Zusammenspiel. Bei der Beugung des Kniegelenks kommt es zur Entspannung des hinteren Anteils des medialen *Lig. collaterale* und zu einer vollständigen Entspannung des *Lig. collaterale laterale*. Dieses Spannungsverhältnis der Seitenbänder führt daher, zusammen mit der Form der Kondylen des *Femurs*, zu einer geringgradigen Kaudalverlagerung des lateralen *Condylus femoris* relativ zur *Tibia* und resultiert in einer Endorotation des Unterschenkels. Dieses Bewegungsmuster verhält sich umgekehrt bei Streckung des Gelenks. Hierbei werden das mediale und das laterale Kollateralband gespannt, was zu einer kranialen Gleitbewegung des lateralen Femurkondylus führt und somit eine Exorotation der *Tibia* zur Folge hat. Neben einer geringgradigen kraniokaudalen Bewegung von *Femur* und *Tibia* relativ zueinan-

der gibt es auch eine mediolaterale (Varus- und Valgusbewegung) in der Transversalebene. Bei vollständiger Streckung wird die Varusbewegung über einen bestimmten Varuswinkel des Kniegelenks hinaus durch das laterale Kollateralband verhindert, wohingegen die Valgusbewegung durch das mediale Kollateralband limitiert wird (MONAHAN et al., 1984). Die Kreuzbänder haben sowohl hinsichtlich der Bewegung in der sagittalen-, als auch der transversalen Ebene eine besondere Bedeutung. Das vKB verhindert bei axialer Belastung in besonderem Maße die kraniale Translation der *Tibia* in Relation zum *Femur* und zudem die Hyperextension des Kniegelenks (ARNOCZKY&MARSHALL, 1977). Des Weiteren winden sich die Kreuzbänder während der Belastungsphase des Gelenks umeinander, was zu einer Limitation der Endorotation des Unterschenkels führt (ARNOCZKY&MARSHALL, 1977). Neben den Kollateralbändern haben auch die Kreuzbänder einen entscheidenden Einfluss auf die maximale Varus- und Valguswinkelung des Kniegelenks des Hundes. Das *Lig. cruciatum caudale* begrenzt als Gegenspieler des vorderen Kreuzbandes die kaudale Verlagerung der *Tibia* in Relation zum *Femur*, verhindert eine Hyperextension des Gelenks und unterstützt durch das Windungsphänomen mit dem vorderen Kreuzband die Endorotation der *Tibia* (ARNOCZKY&MARSHALL, 1977). Die fibrokartilaginären Menisken haben als weitere passive Kniegelenksstabilisatoren sowohl statische als auch dynamische Aufgaben. Neben dem bereits erwähnten Ausgleich der inkongruenten Gelenkflächen von *Femur* und *Tibia*, dienen sie als Platzhalter, Stoßdämpfer, Lastverteiler und helfen zudem die artikulierenden Gelenkflächen gleichmäßig mit *Synovia* zu lubrifizieren. Sie haben eine halbmondförmige und in der Transversalebene trianguläre Erscheinung und sind so, zusammen mit ihrem besonderen mikrostrukturellen Aufbau, für 40-70% der artikulären Belastungstransmission verantwortlich (KRAUSE et al., 1976). Die Menisken bestehen hauptsächlich aus Kollagen vom Typ I, wenigen Zellen und einer extrazellulären Matrix, welche sich aus Proteoglykanen und Glykoproteinen zusammensetzt (KAMBIC&MCDEVITT, 2005). Da die Proteoglykane als negativ geladene Makromoleküle mit hydrophilen Eigenschaften das bis zu 50 fache des Eigengewichts an Wasser binden können (ADAMS&MUIR, 1981) haben sie einen erheblichen Anteil an der Konstitution und der Kompressionsbelastbarkeit der Menisken. Die Kollagenfasern sind oberflächlich zufällig angeordnet, was biomechanisch eine geringe Friktionsbewegung zwischen Menisken und *Femur* bzw. *Tibia* erlaubt (BULLOUGH et al., 1970). Der tiefere Anteil ist in zwei Be-

reiche eingeteilt. Das innere Drittel besitzt einen radiären Faserverlauf, wohingegen die äußeren zwei Drittel eine zirkumferente Faseranordnung aufweisen (BULLOUGH et al., 1970). Durch diesen strukturellen Aufbau können die Menisken Kompressionskräfte über axiale Elongation gleichmäßiger auf das Tibiaplateau verteilen (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Der radiäre Faserverlauf dient dabei weniger der Druckverteilung als der Weiterleitung und Dämpfung axialer Krafteinwirkungen. Von den aktiven Kniegelenksstabilisatoren haben die Gliedmaßenbeuger (*M. semimembranosus*, *M. semitendinosus* und der kaudale Anteil des *M. biceps femoris*) zusammen mit dem *M. quadriceps femoris* und dem *M. gastrocnemius* eine bedeutende Aufgabe. Ihr synergistisches und reflektorisches Zusammenspiel bietet auch bei einer Beeinträchtigung der Primärstabilisatoren eine gewisse Kniegelenksstabilität. Bei einer Belastung des Kniegelenks die eine mechanische Beanspruchung des vorderen Kreuzbandes bewirkt, kommt es durch endoligamentäre mechanorezeptorische Erfassung und Weiterleitung des entstandenen Potentials zu einer reflexorischen Kontraktion der Beinbeugemuskulatur und gleichzeitig zu einer Relaxation des *M. quadriceps femoris* (SOLOMONOW et al., 1987). Über diesen Mechanismus arbeiten die genannten Muskelgruppen systematisch je nach angesprochenen Mechanorezeptoren agonistisch oder antagonistisch und wirken so exzessiven Gelenkbewegungen entgegen (**Abb.1**). Die Beinbeuger, der *M. semimembranosus* und *M. semitendinosus*, wirken bei Kontraktion als Stabilisatoren durch eine kaudale Zugrichtung der proximalen *Tibia*, und damit auch synergistisch zum vorderen Kreuzband (KANNO et al., 2012). Antagonistisch hingegen arbeiten der *M. gastrocnemius* und der *M. quadriceps femoris*, welche bei Kontraktion eine Kompression der *Tibia* und somit eine antagonistische Wirkung gegenüber dem vorderen Kreuzband besitzen (KANNO et al., 2012).

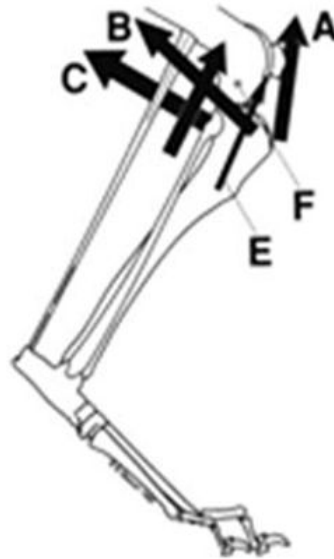


Abbildung 1: Die Biomechanik des kaninen Kniegelenks unter Berücksichtigung der durch aktiven Stabilisatoren wirkenden Kräfte (Pfeile). A = M. quadriceps femoris; B = M. biceps femoris; C = M. semimembranosus; E = M. ext. digit. longus; F = Zentrum der Bewegung (aus *SLOCUM&SLOCUM 1993*)

2. Die Ruptur des Ligamentum cruciatum craniale beim Hund

2.1. Ätiopathogenese des vorderen Kreuzbandrisses

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist die häufigste Ursache für eine Lahmheit der Hintergliedmaße beim Hund (JOHNSON et al., 1994). Aufgrund des häufigen Auftretens und des schnellen Fortschreitens der Osteoarthritis durch die Kniegelenksinstabilität und den damit verbundenen Sekundärschäden, wie Meniskusläsionen und Gelenkknorpelerosionen, kommt dieser Erkrankung eine enorme Bedeutung in der Veterinärorthopädie zu. Die Ätiopathogenese dieser vornehmlich degenerativen Erkrankung ist noch nicht vollständig verstanden und wird derzeit als ein multifaktorielles Geschehen angesehen (DE ROOSTER et al., 2006). Jedoch konnten bereits diverse Risikofaktoren wie das Alter, eine genetische Prädisposition, der Aktivitätsgrad oder auch der Wegfall von Geschlechtshormonen nach einer Kastration bei männlichen und auch weiblichen Tieren im Rahmen von epidemiologischen Untersuchungen ermittelt werden (VASSEUR et al., 1985).

Bei Hunden von mehr als 15 kg Körpergewicht kommt es bereits ab einem Alter von 5 Jahren zu einer erhöhten Prävalenz, wobei Gleiches bei kleinwüchsigen Rassen erst ab dem 7. Lebensjahr zu verzeichnen ist (WHITEHAIR&VASSEUR, 1993). Da der vordere Kreuzbandriss häufig bei den Rassen Rottweiler, Bullmastiff, Neufundländer und Chow Chow auftritt, wird hier eine genetische Prädisposition vermutet (WHITEHAIR&VASSEUR, 1993). Weitere Einflussfaktoren wie ein stenotischer interkondylärer Spalt des *Femurs*, abnormale Konformationen der Hintergliedmaße, Adipositas, Traumata oder auch die Beschaffenheit des Tibiaplateaus finden Berücksichtigung in der Ursachenforschung der Erkrankung (VASSEUR&BERRY, 1992; VASSEUR, 2002; INAUEN et al., 2009). So konnte in einer vergleichenden radiologisch-anatomischen Untersuchung gezeigt werden, dass die Beschaffenheit der *Tuberositas tibiae* in Relation zum Tibiaplateau und ebenfalls zum Durchmesser des Tibiaschaftes Unterschiede zwischen gesunden und von einem vorderen Kreuzbandriss betroffenen Hunden aufweist. Demnach hatten die gesunden Hunde eine relativ größere Breite der *Tuberositas tibiae*, einen kleineren proximalen *Tuberositas tibiae* Winkel und zudem ein kleineres Verhältnis von diaphysärem Tibiadurchmesser zur Breite der *Tuberositas tibiae*. Diese Ergebnisse wurden anhand einer mediolateral projizierten Röntgenaufnahme ermittelt. Schlussfolgernd empfahlen die Autoren nur Hunde mit einer relativen Breite der *Tuberositas tibiae* von 0,9 oder mehr für die Zucht einzusetzen (INAUEN et al., 2009). RAGETLY et al. versuchten 2011 in einer Vielfältigkeitsanalyse morphometrischer Daten die Risikofaktoren zu ermitteln, welche Labrador Retriever für einen vorderen Kreuzbandriss prädisponieren. Die Autoren schlussfolgerten aus den Untersuchungsergebnissen, dass sich eine morphometrische Analyse ossärer Konformationen nur in Form einer Kombination von mindestens zwei Messungen wie dem Tibia Plateauwinkel und dem femoralen Antetorsionswinkel stochastisch und vielleicht auch zuchthygienisch nutzen lässt.

Die Hypothese der immunbedingten Degeneration des vKB konnte zumindest für die Rassen Labrador Retriever und Golden Retriever widerlegt werden (CLEMENTS et al., 2011). Beachtung finden weiterhin endogene Proteasen wie Cathepsin K und Tartrate beständige saure Phosphatasen, welche aus der Synovialmembran der Mehrheit einer Patientengruppe mit vorderem Kreuzbandriss isoliert werden konnten (MUIR et al., 2005). Diese matrixdegenerierenden

Enzyme könnten Ursprung eines chronisch verlaufenden pathologischen Prozesses sein, der das jeweilige Kreuzband für eine Ruptur prädisponiert. Im Rahmen der Kreuzbanddegeneration kommt es weiterhin zu einem Verlust an Ligamentozyten, deren metaplastische Umstrukturierung zu Chondrozyten und zu einer Unfähigkeit die entsprechenden Kollagenfasern zu synthetisieren und Primärbündel zu organisieren (VASSEUR&BERRY, 1992). Bei zuvor bestehender Degeneration der Bandstrukturen im Sinne einer Teilruptur, reicht oft ein Bagatelltrauma aus, um zu einer Schädigung oder gar zu einer Ruptur zu führen. Sowohl eine partielle als auch vollständige Ruptur des vorderen Kreuzbandes resultiert in einer Instabilität des Gelenks und setzt einen entzündlichen Prozess in Gang, der weitere pathologische Veränderungen mit sich bringt (MARSHALL&SE, 1971). Es kommt zur Induktion von Kollagenasen (AMIEL et al., 1989) und zur Demineralisierung des subchondralen Knochens. Zudem kann es im Zuge der tibialen Translation zu Schäden an den Menisken, insbesondere dem medialen Meniskus, und des Knorpel kommen. Die Arthritis endet dann mit einer irreversiblen degenerativen Gelenkerkrankung, der Osteoarthritis (ELKINS AD et al., 1991; VASSEUR&BERRY, 1992; AU et al., 2010).

2.2. Diagnosestellung einer vorderen Kreuzbandruptur beim Hund

Bei der Diagnosestellung der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund finden sowohl klinisch orthopädische Untersuchungen, als auch bildgebende Verfahren Anwendung. Neben einem häufig klassischen Vorbericht lassen sich bei der klinischen Untersuchung eine Lahmheit unterschiedlichen Grades, eine erhöhte Sensibilität des Gelenks, ein palpatorisch vermehrter Füllungszustand und eine mediale periartikuläre Bindegewebshypertrophie nachvollziehen (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Eine eventuell vorhandene auditiv und palpatorisch wahrnehmbare Krepitation hängt von der Chronizität der Erkrankung und damit auch vom Grad der Osteoarthritis ab. Zudem kann durch manipulative Tests (Schubladentest, Tibiakompressionstest), abhängig vom Grad der Ruptur des vKB, eine Kniegelenksinstabilität nachvollzogen werden. Die klinische Diagnose sollte durch bildgebende Verfahren wie der röntgenologischen-, magnetresonanztomographischen-, ultrasonographischen oder arthroskopischen Untersuchung unterstützt werden. Des Weiteren können so Differentialdiagnosen wie z.B. Arthritiden verschiedener Ätiologien, primäre und metastatische ossäre Neoplasien, weichteilassozierte

Tumore, Polytraumata oder andere orthopädische Erkrankungen ausgeschlossen oder spezifiziert werden (SLATTER, 2003; TOBIAS&JOHNSTON, 2011).

2.2.1. Manipulative Tests der klinischen Untersuchung (Schubladentest, Tibiakompressionstest)

Das vordere Kreuzband verhindert durch seinen anatomischen Verlauf die kraniale Translation der *Tibia* in Relation zum *Femur* und zudem eine exzessive Endorotation des Unterschenkels.

Diese funktionellen Eigenschaften sind grundlegend für die Bewertung des Testergebnisses. Für die Ausführung des Schubladentests wird der distale *Femur* von lateral mit einer Hand so umgriffen und stabilisiert, dass sich der Daumen auf der lateralen Fabella und der Zeigefinger auf der Patella befindet. Mit der anderen Hand wird die proximale *Tibia* ebenfalls von lateral so umgriffen, dass sich der Daumen auf dem Fibulakopf und der Zeigefinger sich auf der *Tuberositas tibiae* befindet. Nachfolgend wird bei geringer Flexion des Kniegelenks versucht, eine kraniale Instabilität durch Vorwärtsdrücken der *Tibia* auszulösen (**Abb. 2**). Anders als bei Welpen, bei denen physiologischer Weise eine 1-3mm weite kraniale Translation der *Tibia* möglich ist (TOBIAS&JOHNSTON, 2011), welche jedoch abrupt endet, sollte bei einem adulten physiologisch bemuskelten Hund keinerlei Instabilität auszulösen sein. Lässt sich die *Tibia* jedoch manuell nach kranial verlagern, gilt der Test als „positiv“ (PAATSAMA, 1952).

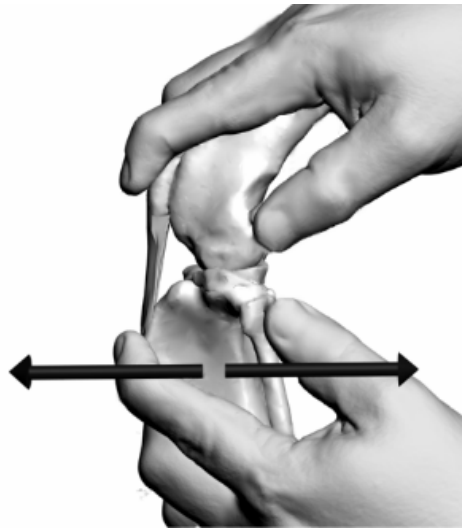


Abbildung 2: Der Schubladentest—kraniokaudale Translation der Tibia relativ zum Femur zur Überprüfung der Kniegelenksstabilität (aus FISCHER 2010)

Bei chronischer Erkrankung kann es durch eine markant ausgeprägte Gelenkkapselfibrose, wie auch bei einer partiellen Ruptur des vorderen Kreuzbands, zu einer stark sinkenden Sensitivität der Untersuchung kommen. Zur Differenzierung zwischen einer partiellen und vollständigen vorderen Kreuzbandruptur sollte der Schubladentest sowohl bei gestrecktem, als auch leicht gebeugtem Kniegelenk ausgeführt werden (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). CAROBBI und NESS (2009) stellten fest, dass die Untersuchung in Sedation sowohl die Sensitivität, als auch die Spezifität des Tests deutlich erhöht. Des Weiteren kann die erhöhte Endorotation der *Tibia* den Verdacht eines partiellen oder vollständigen Kreuzbandrisses erhärten.

Ein weiteres klinisches Untersuchungsverfahren ist der Tibiakompressionstest (HENDERSON&MILTON, 1978), bei dem ebenfalls versucht wird, eine kraniale Instabilität des Kniegelenks, unter Umgehung der Muskelkräfte, nachzuweisen. Der Test kann sowohl in stehender, als auch liegender Position erfolgen. Hierzu wird der distale *Femur* mit einer Hand so stabilisiert, dass sich der Zeigefinger auf der *Tuberositas tibiae* befindet. Im Falle einer kranialen Subluxationsstellung der *Tibia* relativ zum *Femur* kann diese so wieder in eine neutrale Position gebracht werden. Die Flexion des Tarsalgelenks bei physiologischem Kniegelenkwinkel

führt im Falle einer Ruptur des vKB zu einer palpatorisch erfassbaren kranialen Verlagerung der proximalen *Tibia* (**Abb. 3**). In diesem Fall wäre der Test als „positiv“ zu werten. Es wird also das Zusammenspiel aktiver Kniegelenksstabilisatoren simuliert, um die Integrität der passiven Stabilisatoren zu überprüfen. Durch die manuelle Stabilisation des Oberschenkels wird die vertikale Last, welche auf die Tibia wirkt imitiert. Diese besteht aus dem Körpergewicht und der Kontraktion derjenigen Muskulatur, welche antagonistisch gegenüber dem vorderen Kreuzband wirkt (*M. quadriceps femoris*, *M. gastrocnemius*). Die Flexion des Tarsalgelenks entspricht dann der Lastaufnahme während der Standbeinphase. Auf diese Weise wird mithilfe des Tibiaplateaus eine kraniale Translationskraft erzeugt (roter Pfeil in **Abb. 3**) (TOBIAS&JOHNSTON, 2011).

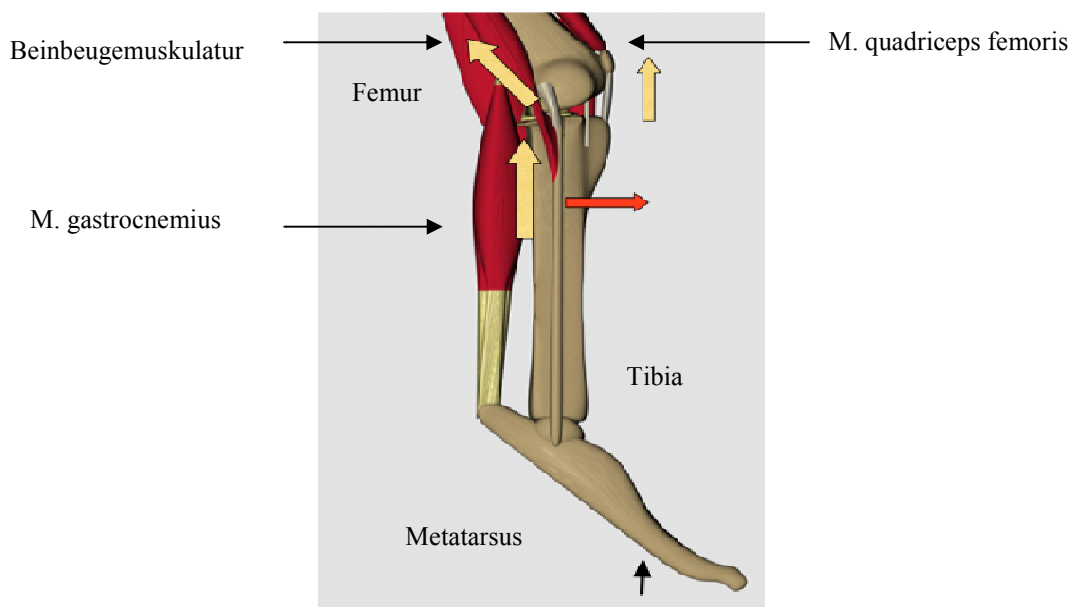


Abbildung 3.: Der Tibiakompressionstest—Schematische Darstellung des Tibiakompressionstests. Die auf das Kniegelenk wirkenden Kräfte sind mit entsprechenden Pfeilen gekennzeichnet (mit freundlicher Genehmigung von *torringtonorthopedics.com*)

Der Vorteil des Tibiakompressionstests im Vergleich zum Schubladentest ist der durch den biomechanischen Ablauf viel geringere physikalische Einfluss der Muskulatur auf das Testergebnis. Dies ist besonders bei Groß- und Riesenrassen mit ausgeprägter Muskulatur von Bedeutung. DE ROOSTER et al. (1998) verglichen die Genauigkeit des Schubladenphänomens mit derjenigen des Tibiakompressionstests, indem durch gleichzeitiges Anfertigen einer Röntgenaufnahme die kraniale Verlagerung der *Tibia* röntgenologisch analysiert werden konnte. Sie konnten eine Sensitivität von 97% und eine Spezifität von 100% bei der Tibiakompressionsröntgenaufnahme und eine Sensitivität von 86%, sowie eine Spezifität von 98% beim Schubladentest ermitteln.

2.2.2. Bildgebende Untersuchungsverfahren

Eine röntgenologische Darstellung des Kniegelenks mit Verdacht auf eine partielle oder vollständige vordere Kreuzbandruptur sollte immer in zwei senkrecht zueinander stehenden Strahlengängen (mediolateral und kraniokaudal) erfolgen. Sie dienen dem Ausschluss von Frakturen, Tumoren und anderen Differentialdiagnosen. Weiterhin können sekundäre Veränderungen wie Osteo- und Enthesiophyten, eine vermehrte Gelenkfüllung mit einer Kranialverlagerung des infrapatellaren Fettkörpers, eine subchondrale Sklerose oder eine kraniale Subluxationsstellung der *Tibia* (**Abb. 4**) einen Verdacht bekräftigen. Die klinische Untersuchung ist zusammen mit entsprechenden röntgenologischen Veränderungen in vielen Fällen beweisend für eine Ruptur des vKB.



Abbildung 4: Mediolaterale Röntgenaufnahme des Kniegelenks eines Hundes mit vorderer Kreuzbandruptur und akuter klinischer Symptomatik. Auffällig sind die vermehrte Gelenkfüllung (Pfeil) und eine geringgradige kraniale Dislokation der *Tibia* relativ zum *Femur* (schwarze Linie = reelle Positionierung von *Femur* und *Tibia* zueinander (kraniale Subluxationsstellung der *Tibia*)). Physiologischerweise sollte die *Eminentia intercondylaris* der *Tibia* mittig der Femurkondylen lokalisiert sein (rot gestrichelte Linie = physiologische Positionierung von *Femur* und *Tibia* zueinander).

Die ultrasonographische Untersuchung des vKB eignet sich nicht zur verlässlichen Diagnosestellung einer Ruptur des selbigen, da es aufgrund seiner anatomischen Lokalisation allenfalls zu errahnen und eine senkrechte Anschallung beinahe unmöglich ist (POULSEN-NAUTRUP&TOBIAS, 1998). Des Weiteren interferiert das *Corpus adiposum infrapatellare* mit der ultrasonographischen Darstellung des Bandes (SEONG et al., 2005). Auch wenn die Visualisierung durch intraartikuläre Injektion physiologischen Kochsalzlösung deutlich verbessert werden kann, konnte sich dieses diagnostische Verfahren nicht im klinischen Alltag durchsetzen.

Auch wenn die Magnetresonanztomographie (MRT) der Veterinärmedizin noch nicht als weitläufige diagnostische Möglichkeit zur Verfügung steht, so belegen Studien, dass besonders Hochfeldgeräte eine zuverlässige Diagnosestellung bei

Kreuzband-, Meniskus und Knorpelläsionen ermöglichen. Da die vKB Ruptur in vielen Fällen mithilfe der gängigen klinischen Untersuchungsverfahren gestellt werden kann, eignet sich die MRT besonders bei partiellen Rupturen des vKB, bei denen auch Sekundärveränderungen wie vermehrte Gelenkfüllung und subchondrale Knochenmarködeme erkannt werden können (WINEGARDNER et al., 2007).

Eine sehr gute Beurteilung der Kniegelenkstrukturen bietet die Arthroskopie als ein minimal invasives Untersuchungsverfahren mit hoher Genauigkeit, insbesondere auch bei Teilrupturen, und gleichzeitigen Therapiemöglichkeiten (z.B. partielle Meniskektomie) (POZZI et al., 2008; ERTELT&FEHR, 2009; TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Durch die bildliche Vergrößerung der intraartikulären Strukturen können Gelenkaussackungen, Gelenkknorpel, Kreuzbänder und Menisken sowohl visuell, als auch palpatorisch untersucht werden können (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Mithilfe von Palpationshaken, Sonden und anderen Instrumenten (ERTELT&FEHR, 2009) können die Sensitivität und die Spezifität, insbesondere von Meniskuläsionen, noch erhöht werden. Auch Kreuzbanddegenerationen können durch Verlust des Faserverlaufs erkannt werden und erscheinen dann als homogene Bandstruktur (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Ein partieller Kreuzbandriss lässt sich anhand freiliegender Fasern, die in der Regel Kontakt zur oft bereits degenerierten Bandstruktur haben, nachweisen (TOBIAS&JOHNSTON, 2011).

2.2.3. Ätiologie und Diagnosestellung von Meniskuläsionen

Die Anatomie des Kniegelenks des Hundes lässt den Menisken eine bedeutende Rolle im Rahmen der physiologischen statischen, kinetischen und kinematischen Kraftübertragung zukommen. Neben den beschriebenen Aufgaben und der Beschaffenheit ist die Funktion als passiver Stabilisator durch eine trianguläre Konformation in der sagittalen, wie auch der transversalen Schnittebene entscheidend für die Ätiologie und Pathogenese von Meniskuläsionen im Zusammenhang mit einer vorderen Kreuzbandruptur. SLOCUM und SLOCUM beschrieben 1993 die Funktion der Menisken mithilfe eines Wagen–Keil Modells. Demnach funktionieren die Menisken wie „Keile“, welche unter den Rädern (entsprechend den Kondylen des *Femurs*) eines auf einem Gefälle (entsprechend dem Tibiaplateau) und an einem Seil (entsprechend dem vKB) befestigten Wagens positioniert sind. Bei einer Ruptur des Seils (vKB) übersteigt nun die physikalische Kraft, welche

aus der Gravitationskraft, dem Gefälle (Tibiaplateau) und der Masse des Wagens (Körpergewicht und maximale vertikale Bodenreaktionskraft) zusammen gesetzt ist, jenes Stabilitätspotential des Keils, sodass dieser überrollt wird (**Abb. 5**).

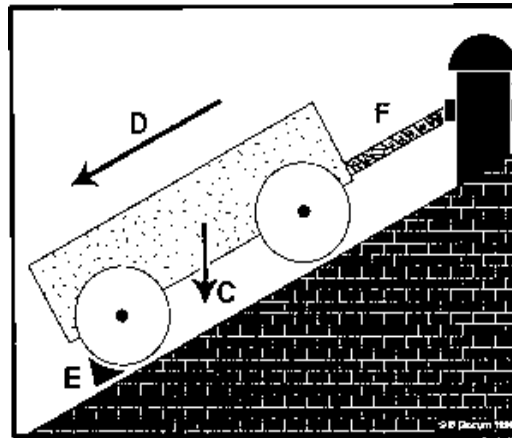


Abbildung 5: Darstellung der Pathogenese der Meniskusläsion im Zusammenhang mit einer vorderen Kreuzbandruptur beim Hund nach SLOCUM & SLOCUM (1993). C = Masse des Wagens und vertikale Kraft; D = resultierende Kraft (bestehend aus Gravitationskraft, Masse des Wagens, vertikaler Kraft und dem Gefälle), E = Keil, F = Seil)

Bei einem Kreuzbandinsuffizienten kaninen Kniegelenk kommt es durch die entstehende sagittale Instabilität zu einer kranialen Subluxation der *Tibia* in Relation zum *Femur* und führt so, wie auch im Modell von SLOCUM und SLOCUM (1993), zu einem „Überrollen“ der Hinterhörner der Menisken durch die Kondylen des *Femurs*. Durch eine Vielzahl an Variationen wie z.B. dem Körpergewicht, der Chonizität der Erkrankung, dem Tibiaplateauwinkel oder auch einer partiellen gegenüber einer vollständigen Ruptur des Bandes, sind die Menisken ungleich häufig in den pathogenetischen Prozess der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund eingeschlossen. Die Inzidenz liegt untersuchungsabhängig bei 33,3% – 77% (WILLIAMS et al., 1994; RALPHS&WHITNEY, 2002; CASALE&MCCARTHY, 2009), wobei das Hinterhorn des medialen Meniskus, durch die anatomische Fixierung des medialen Meniskus am *Lig. collaterale mediale* (KÖNIG&LIEBICH, 1999), am häufigsten betroffen ist, da es der einwirkenden Kraft nicht ausweichen kann (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Das

Hinterhorn wird bei einem kreuzbandinsuffizienten Gelenk übermäßigen Scherkräften ausgesetzt, welche dann oft aufgrund des Faserverlaufs des Meniskus longitudinale Läsionen zur Folge haben kann (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Radiäre Schäden der Menisken scheinen hingegen häufiger an den deutlich seltener betroffenen lateralen Menisken aufzutreten (RALPHS&WHITNEY, 2002). Doch nicht nur die Lokalisation, sondern auch die Art der Verletzung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Lastübertragung innerhalb des Kniegelenks. So zeigten THIEMAN et al. (2009) in einer experimentellen Untersuchung, dass besonders die nicht-reponierbaren Korbhenkelrisse, Läsionen mit einem freien Meniskusanteil („flaps“) und komplexe Schädigungen den Bereich der maximalen Kraftübertragung um $> 45\%$ steigerten, was zu einem fokalen physikalischen Stresspunkt des darunter liegenden Gelenkknorpels und subchondralen Knochens führte. Aufgrund dieser biomechanischen Veränderung kann es im weiteren Verlauf zu folgereichen Knorpelveränderungen kommen. HULSE et al. (2010) fanden heraus, dass die Mehrheit der Hunde nach einem vollständigen oder einem partiellen Riss des vKB starke Knorpelabrasionen (Grad 3 von 4) am medialen oder lateralen Kondylus aufwiesen. Ähnliche Rückschlüsse zogen auch HAYES et al. (2010) aus ihren Untersuchungen zur Ermittlung der Risikofaktoren für Meniskusverletzungen bei der vorderen Kreuzbandruptur des Hundes. Die Autoren erfassten eine Inzidenz von 36,3% ($n=366$ Hunde) für mediale Meniskusschäden. Des Weiteren war das Risiko einer solchen Läsion um das 12,9 fache größer bei vollständigen vorderen Kreuzbandrissen verglichen mit partiellen. Die Autoren empfahlen, dass Patienten mit einer vorderen Kreuzbandruptur so bald wie möglich chirurgisch stabilisiert werden sollten, um das Risiko von Meniskusschäden als Folge zu reduzieren, da mit jeder Woche die Wahrscheinlichkeit einer Meniskusverletzung bei insuffizientem vKB um 2,6% steigt. Besonders schwere Hunderassen könnten von einem frühzeitigen Eingriff profitieren, da auch hier die Wahrscheinlichkeit mit jedem Kilogramm Körpergewicht um 1,4% bezogen auf Läsionen am medialen Meniskus steigt (HAYES et al., 2010).

Um Meniskusverletzungen zu diagnostizieren eignen sich besonders bildgebende Verfahren, da eine durch Dislokation auditiv oder klinisch wahrnehmbare Läsion nur in 27% der Fälle nachweisbar ist (CASE et al., 2008). Die ultrasonographische Untersuchung der Menisken wurde als ein spezifisches Verfahren mit hoher Sensitivität beschrieben (MAHN et al., 2005). Die Sensitivität und Spezifität einer durch arthroskopische Evaluierung verifizierten Meniskusun-

tersuchung mittels Ultrasonographie betrug in der Untersuchung von MAHN et al. (2005) 90% und 92,9%. In einer anderen Studie konnte für dieses Verfahren bei insgesamt 13 Fällen mit einer Ruptur des vKB eine Sensitivität von 82% und eine Spezifität von 93% erzielt werden (ARNAULT et al., 2009).

Als weiteres diagnostisches Verfahren für Meniskusläsionen beim Hund eignet sich die Magnetresonanztomographie (MRT). Es konnte bei der Meniskusbeurteilung, insbesondere bei großen Hunden unter Verwendung eines Hochfeldgerätes, eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von 94% erreicht werden (BLOND et al., 2008). Auch in anderen Untersuchungen wurde gezeigt, dass sich hinsichtlich der Meniskusuntersuchung besonders mit Hochfeld-MRT hoher magnetischer Flussdichten sehr zuverlässige Diagnosen stellen lassen. Diese Ergebnisse konnten auch OLIVE et al. (2014) in einer Untersuchung bezüglich der Erfassung von Meniskusläsionen bei Hunden mit vKB Ruptur bestätigen. Unter Verwendung eines 1,5 Tesla Gerätes erreichten sie eine exzellenten Reproduzierbarkeit zwischen den Untersuchern. Es konnten neun von 12 chirurgisch verifizierten Meniskusläsionen direkt erfasst werden. Auf zwei weitere Läsionen ließ sich nachträglich aufgrund eines subchondralen Knochenmarködems schließen. Falsch positive Interpretationen gab es nicht. Da bei 11 von 12 Patienten ein subchondrales Knochenmarködem detektierbar war, schlussfolgerten die Autoren, dass die Berücksichtigung derartiger Tertiärveränderungen die Sensitivität steigern könnte (**Abb.6**). Untersuchungen von Meniskuspathologien mithilfe von Niederfeldgeräten erbrachten weniger zufriedenstellende Ergebnisse. BÖTTCHER et al. (2012) konnten diesbezüglich in einer multizentrischen Studie eine Sensitivität und Spezifität von 0,64 und 0,69 erreichen. Schlussfolgernd eignen sich diese Magnetresonanztomographen nicht für eine zuverlässige Diagnosestellung von Meniskusläsionen beim Hund. Darüber hinaus gilt die bildliche Darstellung des Gelenkknorpels und die Quantifizierung von osteoarthrotischen Veränderungen bisher als nicht repräsentativ für die reelle Gelenkbeschaffenheit (GALINDO-ZAMORA et al., 2013).



Abbildung 6: Sagittale Darstellung des Kniegelenks eines Hundes mit vorderer Kreuzbandruptur in der T2 Wichtung einer magnetresonanztomographischen Untersuchung. Der ausgeprägte Gelenkerguss (Stern), die fehlende Abgrenzbarkeit des vorderen Kreuzbandes (Blockpfeil) und ein Ödem des subchondralen Knochens (Pfeil) sind Merkmale für die Erkennung einer Meniskusläsion.

Trotz der hohen Genauigkeit zuvor genannter Modalitäten, gilt die Arthroskopie aufgrund der Vergrößerung der Strukturen, der Möglichkeit der Palpation und gleichzeitigen Therapie (POZZI et al., 2008; ERTELT&FEHR, 2009; TOBIAS&JOHNSTON, 2011) mit einer Sensitivität und Spezifität von 80% und 95% als weitverbreitetes und minimalinvasives Verfahren zur Beurteilung der Menisken (RALPHS&WHITNEY, 2002). Mithilfe von Palpationshaken, Sonden und anderen Instrumenten (ERTELT&FEHR, 2009) können die Sensitivität und die Spezifität von Meniskusläsionen deutlich erhöht werden. In einer Untersuchung von POZZI et al. (2008) zeigte sich, dass im Rahmen der arthroskopischen Kniegelenksuntersuchung über 90% der Meniskusläsionen bei Kniegelenken mit rupturierten vorderen Kreuzbändern diagnostiziert werden können. Des Weiteren konnte die Sensitivität der visuellen Meniskusbeurteilung durch eine Palpation

von 37% auf 83% gesteigert werden. Die Spezifität in dieser Untersuchung konnte gleichermaßen von 84% auf 96% angehoben werden. Die Unterschiede zwischen visueller und palpatorischer Untersuchung waren signifikant. Als weitere mögliche Steigerung der Genauigkeit der arthroskopischen Diagnostik kann durch perkutanes extraartikuläres Anbringen eines Kniegelenkdistraktors (BÖTTCHER et al., 2009) eine bessere Übersicht, besonders bei prominenten extraartikulären Gewebsveränderungen, welche oft im Zusammenhang mit der Chronizität bei vielen Patienten auftreten, erzielt werden. Auch wenn das intakte vordere Kreuzband die Einsicht in den Gelenkspalt limitiert, so ist die arthroskopische Kniegelenkuntersuchung für die Diagnosestellung von Meniskusläsionen der kraniomedialen und kaudomedialen Arthrotomie für den diagnostischen Einsatz überlegen (POZZI et al., 2008).

2.3. Therapien der Ruptur des vorderen Kreuzbandes beim Hund

Aufgrund der Bedeutung und der hohen Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund haben sich seit der Erstbeschreibung (CARLIN, 1926) neben der konservativen Therapiemöglichkeit viele chirurgische Varianten entwickelt. Die Stabilisierung des instabilen Kniegelenks kann sowohl mit intraartikulären (PAATSAMA, 1952; HULSE et al., 1980) als auch extraartikulären Methoden (DEANGELIS&LAU, 1970; FLO, 1975; GAMBADELLA et al., 1981), als auch durch biomechanische bzw. dynamische (SLOCUM&DEVINE SLOCUM, 1984; SLOCUM&SLOCUM, 1993; MONTAVON et al., 2002; ETCHEPAREBORDE et al., 2011) Korrekturosteotomien erfolgen. Trotz steigender Innovativität der veterinärmedizinischen Versorgung gelang es bis heute nicht, eine Behandlungsmethode zu entwickeln, die zu einer 100% igen Erfolgsrate führt (CHAUVET et al., 1996; LAZAR et al., 2005; CASALE&MCCARTHY, 2009; KIM et al., 2009).

2.3.1. Die konservative Therapie

Aufgrund einer persistierenden Instabilität des Kniegelenks bei der konservativen Behandlung des vorderen Kreuzbandrisses beim Hund kann es neben einer deutlichen Progression der Gonarthrose (CHAUVET et al., 1996) auch zu Läsionen an den Menisken kommen (HAYES et al., 2010). Daher ist diese Therapie für Fälle

beschrieben, bei denen ein chirurgischer Eingriff aufgrund der konditionellen oder konstitutionellen Verfassung des Patienten, oder aber aus anderen Gründen nicht erfolgen kann. Die konservative Therapie besteht im Wesentlichen aus einer strikten Bewegungseinschränkung für mindestens 4-6 Wochen, einer Gewichtsreduktion, der Gabe von nicht steroidal Antiphlogistika und Chondroprotektiva (VASSEUR et al., 1987; COMERFORD et al., 2013). Obwohl chirurgische Behandlungen deutlich bessere Ergebnisse erzielen (CHAUVET et al., 1996; DEMEIDEIROS et al., 2011; BÖDDEKER et al., 2012; WUCHERER&CONZEMIUS, 2013), wird die konservative Behandlung des vorderen Kreuzbandrisses besonders bei kleinwüchsigen Hunderassen unter besonderen Umständen noch regelmäßig angewendet (COMBERFORD et al., 2011). POND und CAMPBELL (1972) zeigten, dass die Mehrheit der kleinen Hunde bereits nach zwei Monaten konservativer Therapie eine zufriedenstellende Gliedmaßenfunktion zurück erhielten. Große Rassen und Arbeitshunde hingegen benötigten nach den Ergebnissen dieser Untersuchung eine chirurgische Stabilisierung des Kniegelenks, um eine erfolgreiche Behandlung zu erzielen. In einer anderen Untersuchung, in welcher eine gemischte Hundepopulation hinsichtlich des Ergebnisses der konservativen Therapie nach mindestens drei Monaten untersucht wurde, konnte festgestellt werden, dass konservativ behandelte Patienten unabhängig vom Gewicht, ein klinisch, röntgenologisch und ganganalytisch signifikant schlechteres Ergebnis erzielten, als Hunde die eine laterale Fadenzügeltechnik erhalten hatten (CHAUVET et al., 1996).

2.3.2. Die chirurgische Therapie

Der chirurgische Eingriff am Kniegelenk des Hundes mit vKB Ruptur hat das Ziel, eine Stabilisierung mit möglichst physiologischer Biomechanik zwischen den am Kniegelenk beteiligten Strukturen sowohl im Stand, als auch in der Bewegung wieder herzustellen. Die Arthroseentstehung bzw. deren Progression und andere Sekundärläsionen wie Meniskusverletzungen und Knorpelerosionen sollen hierdurch verhindert, oder, in Bezug auf die Arthroseprogression, zumindest verlangsamt werden, was zu einer verbesserten Funktionalität des betroffenen Gelenks führt. Aufgrund der vielen Techniken, die sich von 1952 (PAATSAMA, 1952) bis heute entwickelt haben, soll im Folgenden nur auf die noch am häufigsten angewendeten Techniken eingegangen werden. Grundsätzlich können die chir-

urgischen Operationsverfahren in drei Hauptgruppen eingeteilt werden: 1) die intraartikulären Methoden, 2) die extraartikulären Methoden, 3) die dynamischen Stabilisierungsmethoden, die durch eine Osteotomie der proximalen Tibia die Biomechanik des Kniegelenks wesentlich beeinflussen.

2.3.2.1. Die intraartikulären Methoden

Die intraartikulären Operationsmethoden haben das Ziel, mithilfe von Auto-, Allo- oder Xenotransplantaten, das vordere Kreuzband in seinem anatomischen Verlauf zu ersetzen (PAATSAMA, 1952; ARNOCZKY et al., 1979; HULSE et al., 1980; VASSEUR et al., 1991). Auch synthetische Materialien oder Kombinationen aus biologischen und synthetischen Transplantaten wurden verwendet (ARNOCZKY et al., 1979; LOPEZ et al., 2003; BRINKER et al., 2006). Studien belegen, dass die Ergebnisse nach intraartikulärer Kniegelenksstabilisierung klinisch zwar zufriedenstellend sind, es jedoch zu einer deutlichen Osteoarthroseprogression und einer in manchen Fällen sehr langen Rekonvaleszenz oder gar persistierenden Lahmheit (ELKINS AD et al., 1991; VASSEUR&BERRY, 1992; TIMMERMAN et al., 1996; CONZEMIUS et al., 2005). Die „Over-The-Top“ Technik (**Abb. 7**) (ARNOCZKY et al., 1979) ist die am häufigsten verwendete intraartikuläre Methode (LEIGHTON, 1999). Hierbei wird das mediale Drittel der Patellarsehne, ggf. zusammen mit einem Teil der *Patella* und einem Streifen der *Fascia lata* als Autotransplantat durch die *Fossa intercondylaris* über den lateralen Femurkondylus geführt („over-the-top“) und dort mit Periost, Faszie und lateralem Kollateralband vernäht. Erfolgsraten von bis zu 90% wurden von den Erstbeschreibern bei dieser Technik dokumentiert (ARNOCZKY et al., 1979). In einer Untersuchung von TIMMERMAN et al. (1996) wurde das klinische und röntgenologische Ergebnis einer modifizierten „Over-The-Top“ Methode mit demjenigen einer Faszienopplungstechnik verglichen. Das autologe *Fascia lata* Transplantat wurde hierbei medial um das *Lig. patellae* und durch den Fettkörper und die *Fossa intercondylaris* geführt und dort mit Einzelknopfheften befestigt. In der heterogenen Gruppe von Hunden mit vKBR wurden 6 Monate nach der Operation nur 41,5% der Hunde, die mit dieser Technik operiert wurden, als lahmheitsfrei bewertet. Obwohl die intraartikulär stabilisierten Kniegelenke direkt postoperationem deutlich stabiler waren, als diejenigen der Vergleichsgruppe, bestand nach einem halben Jahr kein signifikanter

Unterschied mehr. LOPEZ et al. (2003) untersuchten im Rahmen einer experimentellen Studie eine weitere modifizierte „Over-The-Top“ Technik. Nach Präparation eines Faszienstreifens, welcher aus dem tendinösen Anteil des Ansatzes des *M. semitendinosus*, *M. gracilis* sowie einem Anteil der medialen Faszie des *M. tibialis cranialis* bestand, wurde dieser verdreht und mithilfe einer Chinese-Fingertrap-Naht mit Polyglactine 910 in Form gehalten. Dieses Transplantat wurde dann durch einen Bohrkanal in der Tibia und durch den interkondylären Spalt geführt, um es über dem lateralen Femurkondylus mit Knochenklammern zu befestigen. Obwohl das Autotransplantat bei einer arthroskopischen Kontrolle nach 12 Wochen intakt und gut vaskularisiert war, konnte bei der Ganganalyse der vier operierten Hunde zu diesem Zeitpunkt nur ein durchschnittlicher vertikaler Impuls von 50% und eine durchschnittliche maximale Spitzenbelastung von 55% der präoperativen Werte festgestellt werden. Nach 52 Wochen lagen diese bei 86% und 79%. Das Voranschreiten der degenerativen radiologisch erfassbaren Veränderungen wurde als „geringgradig“ beschrieben. Eine weitere Untersuchung zur intraartikulären Kniegelenksstabilisierung bei Labrador Retrievern konnte zeigen, dass nur 15% der mit dieser Methode operierten Hunde Bodenreaktionskräfte erreichten, die nach 6 Monaten mit gesunden Tieren vergleichbar waren (CONZEMIUS et al., 2005). Die intraartikulären Techniken wurden fast vollständig von moderneren extraartikulären Methoden und den Korrekturosteotomien verdrängt und werden heute bei Hunden kaum noch angewendet (COMBERFORD et al., 2011). Weitere Ergebnisse der intraartikulären Techniken sind **Tabelle 1** zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht zu den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen einiger Untersuchungen zur intraartikulären Kniegelenksstabilisierung beim Hund

Autor	Ersatzmaterial	Patienten- anzahl	Positives Ergebnis (%)	Art der Unter- suchung
PAATSAMA (1952)	Sehne von M. semi- tendinosus, M. gracilis	2	50	experimentell
		2		
PAATSAMA (1952)	Faszie	5	90	experimentell
		5		klinisch
ARNOCZKY (1979)	Endsehne des M. quadriceps, mediales Drittel des Lig. patellae	keine Angaben	90	klinisch
SCHNELL (1986)	Faszie mit lateralem Drittel des Lig. patellae	146	86,6	klinisch
ELKINS et al. (1991)	Faszie mit „under-and- over“ nach Shires/Hulse	67	59	klinisch



Abbildung 7: Die intraartikuläre „Over-The-Top“-Technik nach ARNOCZKY et al. (1979) Hier als Modifikation unter Verwendung eines Knochenankers zur Befestigung des Autotransplantats (*aus FISCHER 2010*)

2.3.2.2. Extraartikuläre Stabilisierungsmethoden

Anders als bei den intraartikulären Techniken ist das Ziel der extraartikulären Methoden eine mittelfristige Primärstabilisierung des Kniegelenks, indem die Funktion des vorderen Kreuzbandes imitiert wird, wobei die entstehende Gelenkkapselfibrose im weiteren Verlauf das Gelenk stabilisiert (ROE et al., 2008). Nach den Beschreibungen von CHILDERS im Jahr 1966 und DEANGELIS und LAU im Jahr 1970, entwickelten sich ebenfalls viele unterschiedliche Varianten der extraartikulären Kniegelenksstabilisierung (FLO, 1975; GAMBADELLA et al., 1981; SMITH&TORG, 1985). Einer Untersuchung zufolge (LEIGHTON, 1999) ist die laterale Fadenzügelung modifiziert nach FLO (1975) die am häufigsten eingesetzte extraartikuläre Methode. Einige dieser Techniken erzielen oft vergleichbar gute bis sehr gute Ergebnisse wie die Umstellungsosteotomien (LAZAR et al., 2005; AU et al., 2010; COOK et al., 2010; SNOW et al., 2010; BÖDDEKER et al., 2012; CHRISTOPHER et al., 2013).

Trotz geringer Komplikationsraten dieser Techniken (CASALE&MCCARTHY, 2009), (COOK et al., 2010), welche dennoch häufiger bei schweren und jungen Hunden auftreten (CASALE&MCCARTHY, 2009), kann es in der postoperativen

Phase durch Lockerung, Reißen oder Ausreißen des Fadenmaterials (BÖTTCHER et al., 2010) zu einer erneuten Instabilität kommen, welche dann zu Läsionen an primär dem *Cornu caudale* des medialen Meniskus führt. ROE et al. (2008) zeigten in einer Studie, dass die Positionierung extraartikulärer Fäden zur Kniegelenksstabilisierung beim Hund einen bedeutenden Einfluss auf die Isometrie des eingebrachten Materials und damit auch auf die Stabilität des Gelenks hat. Untersuchungen zufolge (ROE et al., 2008; FISCHER et al., 2010) sollten Implantate bei extraartikulären Techniken zwischen denjenigen anatomischen Lokalisationen verlaufen, die bei der Flexion und Extension des Gelenks den geringstmöglichen Einfluss auf den Längenunterschied des Materials haben und daher die Langlebigkeit der Primärstabilisierung unterstützen. Auch wenn bisherige Untersuchungen (ROE et al., 2008; FISCHER et al., 2010) keine Bereiche identifizieren konnten, die eine vollständige Isometrie von synthetischen Materialien am kaninen Kniegelenk gewährleisten (FISCHER et al., 2010), so beschrieben ROE et al. (2008) den kaudalen Rand des lateralen Femurkondylus am distalen Pol der korrespondierenden Fabella und den Bereich unmittelbar kranial des *M. ext. digit. long.* an der *Tibia* (**Abb. 8**) als bestmögliche Befestigungspunkte für Fadenimplantate bei extraartikulären Operationstechniken. FISCHER et al. (2010) wiesen mithilfe von vier verschiedenen extraartikulären Stabilisationsmodellen nach, dass sich bei allen eine bewegungsabhängige Spannungsdifferenz der verwendeten synthetischen Materialien entwickelte. Zudem propagierten die Autoren, dass eine Befestigung des Implantats bei einem Kniegelenkwinkel von 100° die bestmögliche Balance zwischen maximaler positiver und maximaler negativer Belastung des Materials bietet.

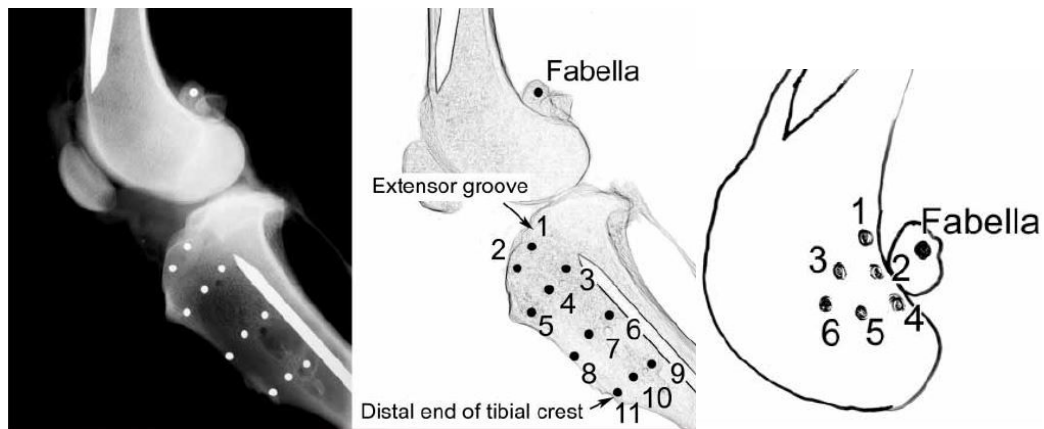


Abbildung 8: Untersuchung zur Isometrie potentialer Verankerungspunkte für Implantate bei extraartikulären Operationstechniken zur Behandlung des vorderen Kreuzbandrisses beim Hund. Nach ROE *et al.* 2008 bieten Punkt 4 am *Femur* und Punkt 1 an der *Tibia* die Lokalisationen mit bestmöglicher Isometrie für Implantate (aus ROE *et al.* (2008), *Verwendet mit freundlicher Genehmigung der Autoren*).

Bei der extraartikulären Kniegelenksstabilisierung nach DEANGELIS und LAU (1970) (**Abb. 9**) wird nicht-resorbierbares Nahtmaterial zwischen lateraler Fabella und distalem *Ligamentum patellae* positioniert. Die Autoren selbst konnten in 36 von 42 Fällen (86%) ein zufriedenes Ergebnis erzielen, wobei eine geringgradige Lahmheit als „zufriedenstellend“ galt. Auf der Basis dieser Art der lateralen Fadenführung wurden die folgenden Modifikationen entwickelt.

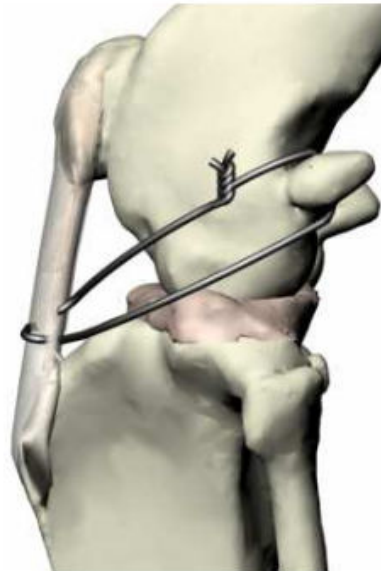


Abbildung 9: Die extraartikuläre Operationsmethode nach DEANGELIS und LAU (1970), hier modifiziert durch Verwendung eines chirurgischen Drahtes (aus FISCHER 2010)

GAMBADELLA et al. (1981) beschrieben eine Technik, bei der ebenfalls nicht-resorbierbares Nahtmaterial zwischen der lateralen femorofabellären Faszie und dem distalen *Ligamentum patellae* positioniert wird. Zusätzliche Stabilität sollen zwei Fadenzügel mit nicht-resorbierbarem Nahtmaterial zwischen dem *Ligamentum collaterale laterale* und dem distalen *Ligamentum patellae* bieten. Die Autoren selbst erreichten ein positives Ergebnis bei 34 von 34 operierten Hunden.

Die nach FLO (1975) (Abb. 10) modifizierte Technik verschafft rigideren Halt des Implantates durch Führung des nicht-resorbierbaren Materials durch einen Bohrkanal in der *Tuberositas tibiae*. Das „three-in-one procedure“, bei dem der Fadenverlauf zwischen der lateralen und medialen femorofabellären Faszie und einem Bohrkanal in der *Tuberositas tibiae* verläuft und kaudoproximal geknotet oder anderweitig gesichert wird, findet auch heute noch häufig Anwendung. Ein zusätzlicher Fadenzügel gleichen Materials wird bei dieser Technik von der lateralen Fabella, entlang des *Lig. femoropatellare laterale* geführt und dient der zusätzlichen Stabilität. AU et al. (2010) untersuchten das Kurz- und Langzeitergebnis vergleichend bei Patienten, die mit einer modifizierten Technik oder einer Umstellungosteotomie (TPLO) operiert wurden hinsichtlich der Funktionalität der

Gliedmaße sowie der Arthroseprogression. Nach 24 Monaten konnte eine signifikant bessere Gliedmaßenbelastung im Vergleich zu präoperativen Werten festgestellt werden. Die Muskelatrophie des betroffenen Oberschenkels konnte vollständig ausgeglichen werden, obwohl die röntgenologische Untersuchung ein geringgradiges, jedoch stetiges Voranschreiten der Osteoarthrose zeigte. In einer anderen Studie von LAZAR et al. (2005) wurde eine laterale fabellotibiale Fadenzügeltechnik mit der TPLO hinsichtlich des Langzeitergebnisses anhand der Osteoarthroseprogression verglichen. Hierbei zeigte sich, dass bei Patienten mit einer Veränderung von sechs oder mehr Punkten der verwendeten Osteoarthroseskala nach ≥ 12 Monaten postoperationem 5,78-fach wahrscheinlicher die extraartikuläre Operationsmethode verwendet wurde. Bei beiden Techniken kam es zu einem geringgradigen jedoch gleichmäßigen Fortschreiten der degenerativen Gelenkveränderungen.

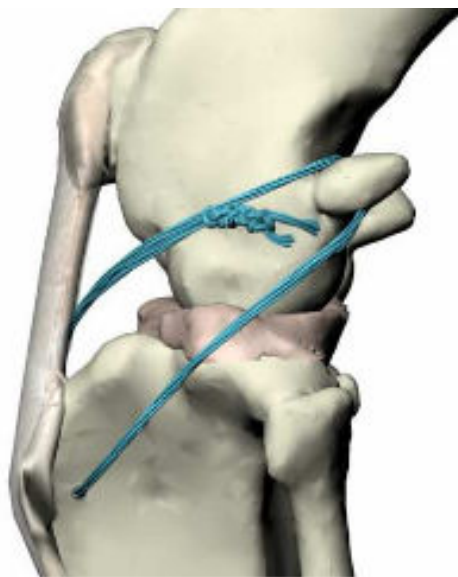


Abbildung 10: Die extraartikuläre Operationsmethode mit einem Fadenzügel
modifiziert nach FLO (1975) (aus FISCHER 2010)

Im Jahr 1985 beschrieben SMITH und TORG (Abb. 11) die Fibulakopftransposition als Therapiemöglichkeit der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund. Bei dieser Methode wird das *Ligamentum collaterale laterale* mit der *Fibula* nach kranial verlagert. Diese wird dann mit Kirschner Bohrdrähten oder einer Schraube und Cerclagedraht an der *Tuberositas tibiae* befestigt. Die Autoren selbst (SMITH&TORG, 1985) erzielten mit dieser Technik bei 90% der Patienten gute bis sehr gute Ergebnisse, wohingegen DUPIUS et al. (1991) biomechanisch zeigen konnten, dass das laterale Kollateralband insuffizient bei der kaninen Kniegelenksstabilisierung ist. Andere Untersuchungen belegen, dass es bezüglich der Patientenbesitzerzufriedenheit keinen signifikanten Unterschied zwischen der Fibulakopftransposition und der konservativen Therapie gibt (CHAUVEY et al., 1996). DUPIUS et al. (1994) publizierten, dass bei 25% der mit dieser Technik operierten Hunde vier Monate nach dem Eingriff eine Meniskusläsion nachweisbar war. Bei einer Kontrolluntersuchung nach zehn Monaten waren es bereits 50% der operierten Hunde.

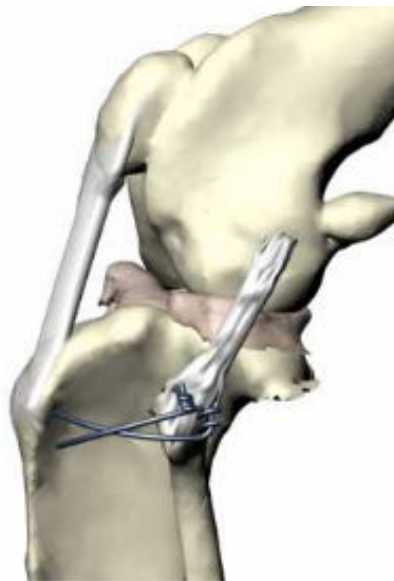


Abbildung 11: Die Fibulakopftransposition nach SMITH und TORG (1985) (aus FISCHER 2010)

Eine etwas andere extraartikuläre Methode ist die Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung als eine nach Meutstege modifizierte Technik zur Stabilisierung des Kniegelenks nach Ruptur des vKB beim Hund und bei der Katze. Sie wurde erstmals von ALLGÖWER et al. im Jahr 2000 beschrieben. Das Verfahren bedient sich bereits bekannter und etablierter biomechanischer Erkenntnisse und ähnelt demjenigen, welches von GAMBADELLA bereits 1981 beschrieben wurde. Bei der Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung hingegen wird resorbierbares Nahtmaterial verwendet und ein etwas anderer Fadenverlauf angestrebt. Nach einer Arthrotomie und eventuellen Therapie einer Meniskusläsion werden zwei Haltefäden aus Polyglactin 910 von der Gelenkkapsel auf Höhe des seitlichen fabellopatellaren Halteapparates zur Insertionsstelle des *Ligamentum patellae* an der *Tuberositas tibiae* gelegt. Eine zusätzliche Fasziendopplung in herkömmlicher Weise verschafft weitere Stabilität. Die Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung wurde mit geringgradigen Modifikationen bereits mehrfach hinsichtlich ihres Erfolgs bei der Stabilisierung des kaninen Kniegelenks nach vorde-rem Kreuzbandriss geprüft. ALLGÖWER et al. (2000) verglichen diese Technik mit einer modifizierten Fadenzügelung nach FLO (1975) und erzielten bezüglich der Funktionalität der Gliedmaße bei 93% der klinisch und röntgenologisch kontrollierten 110 Patienten ein erfolgreiches Ergebnis (lahmheitsfrei). Weiterhin untersuchte ALT (2000) den Einfluss einer Kapselraffungstechnik von lateral, von medial und von lateral und medial. Hinsichtlich der Kniegelenksstabilität und der Osteoarthroseprogression konnte hierbei kein Unterschied festgestellt werden und alle drei Techniken erzielten insgesamt „zufriedenstellende“ Ergebnisse. TIMMERMAN et al. (1996) kontrollierten sechs Monate postoperationem vergleichend das klinische und röntgenologische Ergebnis von 88 Patienten, die entweder mit der intraartikulären „Over-The-Top“ oder mit einer extraartikulären Fasziendopplungsmethode operativ versorgt wurden. Die Autoren zeigten, dass Patienten mit der Fasziendopplungsmethode nicht nur früher, sondern auch häufiger lahmheitsfrei (76,5%) liefen, als Patienten der intraartikulären Gruppe (41,5%). BÖDDEKER et al. (2012) verglichen mittels computergestützter Ganganalyse die TPLO und die Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung anhand der Bodenreaktionskräfte hinsichtlich ihres Erfolgs. Dieser Untersuchung nach wurde angenommen, dass Patienten vier Monate nach dem jeweiligen Eingriff mit der Umstellungsosteotomie nicht nur eine bessere Gliedmaßenfunktion, sondern auch eine frühere Belastung zeigten. Langzeitergebnisse wurden allerdings in dieser

Studie nicht ermittelt.

Die im Jahr 2009 entwickelte Tight-Rope (TR) Technik versucht die Erkenntnisse über die isometrischen Punkte des Kniegelenks des Hundes vermehrt zu berücksichtigen. Bei dieser Methode wird ein synthetisches Fadenmaterial durch Bohrkanäle in *Femur* und *Tibia* geführt und über spezielle Unterlegscheiben (washer plates) auf der medialen Seite beider Knochen verankert (**Abb.12**) (COOK et al., 2010). Den Untersuchungen der Autoren zufolge, erzielt diese Technik mit einer geringeren Komplikationsrate von 12,5%, mindestens ebenso gute Ergebnisse wie die TPLO (COOK et al., 2010). CHRISTOPHER et al. (2013) erreichten mit der Tight-Rope Technik sehr hohe Erfolgsraten von 92,7% nach über einem Jahr hinsichtlich der Gliedmaßenfunktion und der Arthroseprogression. Weiterhin waren die Tight-Rope Resultate mit den Ergebnissen der TPLO (93,1% > 1 Jahr) vergleichbar und übertrafen diejenigen der Tibial Tuberosity Advancement Technik (TTA; 89,2%). Sie besaß jedoch eine wesentlich geringere Rate schwerwiegender Komplikationen (TR = 8,9%; TPLO = 18,5%; TTA = 38,9%). Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse einiger extraartikulärer Techniken in **Tabelle 2** dargestellt.



Abbildung 12: Schematische Darstellung der Tight-Rope Technik (aus Arthrex®
Vet systems procedure manual)

Tabelle 2: Übersicht zu den Ergebnissen einiger Untersuchungen zur extraartikulären Kniegelenksstabilisierung beim Hund nach Angaben aus der Literatur

Autor	Technik	Patienten- anzahl	Positives Ergebnis (%)	Art der Unter- suchung
CHILDERS (1966)	Faszienraffung	7	68	experimentell
		3	100	klinisch
DEANGELIS und LAU (1970)	Fadenzügel von lateralen Fabella zum <i>Lig. patellae</i>	47	86	klinisch
FLO (1975)	Fadenzügel von lateralen Fabella durch Bohrkana- le zur <i>Tuberositas tibiae</i>	27	93	klinisch
GAMBADELLA et al. (1981)	ein Einzelknopfhef- te von von lateraler Fabella und zwei vom lateralen Kol- lateralband zu <i>Lig. patellae</i>	34	34	klinisch
SMITH und TORG (1985)	Fibulakopftrans- position	71	90,1	klinisch
COOK et al. (2010)	Tight-Rope	24	Keine Anga- ben	klinisch

2.3.2.3. Dynamische Operationsmethoden (Umstellungsosteotomien)

Die erste Methode, bei der mittels einer Osteotomie der proximalen *Tibia* die vordere Kreuzbandruptur beim Hund chirurgisch therapiert wurde, war die im Jahr 1984 von SLOCUM und DEVINE veröffentlichte Cranial Tibial Wedge Osteotomy (CTWO). Bei dieser Technik wird durch eine proximale kraniale Tibiakeilosteotomie eine Reduktion des Tibia-Plateau Winkels auf 5° – $6,5^{\circ}$ erzielt, was zu einer muskulären Kompensation der vorderen Schubladenbewegung bei Belastung führt. OXLEY et al. untersuchten 2013 das klinische und radiologische Ergebnis einer modifizierte CTWO und kamen neben einer Rate schwerwiegender Komplikationen von 9,5% zu einem guten klinischen Gesamtergebnisses in 90–97% der Fälle.

Einige Zeit später wurde im Jahr 1993 die Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) publiziert (SLOCUM&SLOCUM, 1993) (**Abb. 13,14**), welche bereits wenige Jahre danach eines der am häufigsten eingesetzten Operationsverfahren zur Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund war (LEIGHTON, 1999). Dieses Operationsverfahren erzielte von seiner Erstbeschreibung bis heute meist sehr gute Ergebnisse mit Erfolgsraten, abhängig von der jeweiligen Definition des entsprechenden Untersuchungsaufbaus, von etwa 90% und hielt unzähligen kritischen Untersuchungen stand (SLOCUM&SLOCUM, 1993), (BALLAGAS et al., 2004; RAYWARD et al., 2004; LAZAR et al., 2005; BOYD et al., 2007; AU et al., 2010; DEMEIDEIROS et al., 2011; IMHOLT et al., 2011; NELSON et al., 2013).

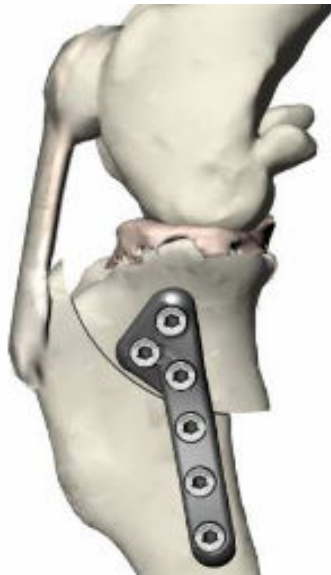


Abbildung 13: Die Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) nach SLOCUM und SLOCUM (1993) (aus FISCHER 2010)

Die TPLO versucht die unkontrollierte kraniale Translation der *Tibia* nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes, welche während der Bewegung bei Gewichtaufnahme entsteht, zu verhindern. Mit Hilfe einer biradiären Osteotomie der proximalen *Tibia*, welche unter Berücksichtigung der funktionellen Achse der *Tibia* durchgeführt wird, kann das Tibiaplateau soweit nach kaudal rotiert werden, dass dieses senkrecht zur dieser Achse steht (SLOCUM&SLOCUM, 1993). Dieser Punkt entspricht einem Tibiaplateauwinkel von 5° – $6,5^{\circ}$. Mit eigens für dieses Verfahren vorgesehenen TPLO-Platten, welche mittlerweile in zahlreichen Varianten von verschiedenen Herstellern zur Verfügung stehen, und Kortikalisschrauben wird das Tibiaplateau dann in der neuen Position fixiert (**Abb. 14**). Im Zuge solcher Umstellungsosteotomien wird das vordere Kreuzband als primärer Stabilisator des Kniegelenks biomechanisch ersetzt.

Zudem wird die Effektivität der Kniegelenksflexoren unterstützt (SLOCUM&SLOCUM, 1993), woraus eine dynamischen Stabilisierung des Gelenks resultiert. Slocum & Slocum selbst erzielten mit der TPLO und einer Cranial Closing Wedge Technik in 73% der Patienten ein exzellentes und in 21% ein gutes Ergebnis hinsichtlich der Gliedmaßenfunktion (SLOCUM&SLOCUM, 1993). OXLEY et al. (2013) konnten mit ihrem Vergleich zwischen der TPLO und einer modifizierten kranialen Keilosteotomie die Resultate von SLOCUM

und SLOCUM (1993) unterstützen. Demnach konnten die Autoren keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Verfahren feststellen. Bei einer Rate schwerwiegender Komplikationen und Reoperationen von 7,2% und 6,1% bei der TPLO und 9,5% und 5,4% bei der konkurrierenden Methode werteten die Patientenbesitzer \geq sechs Monate nach der Operation das Ergebnis der Gliedmaßenfunktion als gut in 90%–97% bei beiden Techniken. In einem weiteren Vergleich des Langzeitergebnisses der TPLO mit der TTA und der Tight Rope Methode (CHRISTOPHER et al., 2013) erreichte die von SLOCUM und SLOCUM (1993) publizierte Umstellungsosteotomie ein vergleichbar gutes Ergebnis. Alle drei Techniken führten ohne signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen zu guten Langzeitergebnissen. Die subjektiven Beurteilungen durch Patientenbesitzer und Tierärzte, bei welchen die Gliedmaßenfunktion in Prozent bewertet wurde, ergaben Werte von 93,1% + 10,0% für die TPLO, 92,7% + 19,3% für die Tight Rope Methode und 89,2% + 11,6% für die TTA. Die Rate schwerwiegender Komplikationen war bei der TPLO mit 18,5% zwar geringer als bei der TTA (38,9%), jedoch deutlich höher als bei der extraartikulären Technik (8,9%). Aber auch bei der Verwendung objektiver Parameter zur Evaluierung des Therapieergebnisses erreicht dieses Verfahren mehrheitlich gute bis sehr gute Ergebnisse. BÖDDEKER et al. (2012) verglichen die TPLO mit einer Kapselfaszienraffungsmethode und stellten fest, dass die dynamische Stabilisierung zu einer schnelleren Rekonvaleszenz und besseren Gliedmaßenfunktion vier Monate nach dem Eingriff führte. Die Rate bedeutender Komplikationen lag bei 26,3%. Auch DEMEDEIROS et al. (2011) konnten mit ihrer Untersuchung zuvor genannte Studienergebnisse bekräftigen. Sie überprüften das frühzeitige kinematische Ergebnis der TPLO bei Hunden und zeigten, dass die Standbeinphase der operierten Gliedmaßen bereits nach 12 Wochen beinahe physiologische Werte erreichte. Auch wenn die Bewegungsgeschwindigkeit in diesem Zeitraum geringer als bei gesunden Hunden war, schlussfolgerten die Autoren, dass sich die sehr guten bis guten klinischen Resultate auch unter Berücksichtigung objektiver kinematischer Messwerte wieder finden. Hinsichtlich der Funktion des Knie- und Tarsalgelenks von Hunden mit induzierter vorderer Kreuzbandinsuffizienz fanden LEE et al. (2007) heraus, dass diese Gelenke acht und 12 Wochen nach der TPLO unbeeinflusst im Vergleich zu präoperativen Werten waren. Bei der Vergleichsmethode, der kranialen Tibia Keilosteotomie, fiel bei den Probanden eine verringerte maximale Flexionsgeschwindigkeit und eine erhöhte Streckgeschwindigkeit

der entsprechenden Kniegelenke auf. BALLAGAS et al. (2004) unterstützen ebenfalls die Untersuchungsergebnisse zuvor genannter Arbeiten. 18 Wochen nach einer TPLO konnten sie keinen signifikanten Unterschied zwischen prä- und postoperativen Werten nach experimentell induziertem vorderen Kreuzbandriss bei sechs gesunden Foxhounds bezüglich der vertikalen Spitzenkraft und des vertikalen Impulses feststellen. In einer vergleichenden Untersuchung von GORDON-EVANS et al. (2013), welche eine extraartikuläre Methode mit der TPLO verglichen, wurde festgestellt, dass Patienten nach der Osteotomiemethode ganganalytisch und auch im Hinblick auf die Besitzerzufriedenheit ein besseres Ergebnis erzielten. Demzufolge war die vertikale Spitzenkraft nach 12 Monaten bei TPLO operierten Tieren 5% – 11% höher als in der Gruppe mit der Fadenzügeltechnik. Übereinstimmend hiermit waren die Patientenbesitzer mit 93% deutlich häufiger zufrieden, als in der Vergleichsgruppe mit 75%. In ähnlicher Weise verglichen auch NELSON et al. (2013) gleiche Techniken bei insgesamt 38 Probanden hinsichtlich ganganalytischer Werte. Hierbei wurde jedoch zusätzlich zu den beiden Vergleichsgruppen eine Kontrollgruppe 79 gesunder Hunde eingesetzt. Nach acht Wochen zeigten die Patienten der TPLO Gruppe unter Berücksichtigung der maximalen vertikalen Belastung und des vertikalen Impulses eine symmetrischere Belastung. Sechs bis 12 Monate nach der Operation war bei diesen kein Unterschied zur Kontrollgruppe mehr nachweisbar. Hingegen konnte zu allen Kontrollzeitpunkten ein Unterschied zwischen der extraartikulär versorgten Patientengruppe und der Kontrollgruppe ausgemacht werden. Ein weiterer wichtiger Parameter für die Erfolgskontrolle operativer Therapiemöglichkeiten der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund ist das Auftreten bzw. die Geschwindigkeit des Auftretens sowie des Fortschreitens osteoarthrotischer Veränderungen. Auch hier scheinen verschiedene Untersuchungen die Tibial Plateau Leveling Osteotomy für die klinische Anwendung unterstützend zu forcieren. Nach RAYWARD et al. (2004) zeigte sich zwar ein signifikanter Anstieg des durchschnittlichen Osteophytenindexes, jedoch war dieser lediglich auf den Anstieg bei 16 Probanden zurückzuführen. Sie beschrieben weiter, dass bei der Mehrheit der 40 bis zu sechs Monate nach der TPLO kontrollierten Hunde keine röntgenologischen degenerativen Veränderungen zu erkennen waren. Auch LAZAR et al. (2005) zeigten in einem Vergleich zwischen der TPLO und einer extraartikulären Operationmethode, dass bei Hunden mit einer höheren Osteoarthrosedifferenz zwischen prä- und ≥ 12 Monaten postoperativen Werten, eine 5,78 fach höhere Wahrchein-

lichkeit vorliegt, mit der extraartikulären Technik, einer lateralen fabellotibialen Nylonfadenzügelung, operiert worden zu sein. AU et al. (2010) postulierten darüber hinaus, dass sowohl die TPLO, als auch die laterale Fadenzügelung als gute Optionen zur Stabilisierung des Kniegelenks des Hundes nach vorderem Kreuzbandriss zu bewerten sind. In dieser Untersuchung von insgesamt 65 Hunden konnte weder ganganalytisch bei dem Vergleich der vertikalen Spitzenkraft, noch röntgenologisch ein Unterschied zwischen den Methoden festgestellt werden. Verglichen mit der präoperativen Einschätzung hatten beide einen signifikanten Anstieg der arthrotischen Veränderungen nach 24 Monaten zur Folge. Vergleichbar kamen auch BOYD et al. (2007) zu dem Ergebnis, dass sich bei 29 Hunden mindestens ein Jahr nach der TPLO eine geringgradige, jedoch signifikante Zunahme degenerativer Veränderungen röntgenologisch nachweisen lässt. Da die Besitzerzufriedenheit als „sehr gut“ bewertet wurde, schlussfolgerten die Autoren weiterhin, dass die funktionelle Verbesserung nicht zwangsläufig mit der Arthrosebewertung korreliert. Eine weitere Vergleichsuntersuchung zwischen der extraartikulären Tight-Rope Methode und der TPLO (COOK et al., 2010) konnte hinsichtlich der Progression der Osteoarthrose keinen Unterschied zwischen den Gruppen feststellen. Beide zeigten ein geringgradiges, statistisch jedoch, im Vergleich zu präoperativen Untersuchungen, nicht signifikantes Fortschreiten der arthrotischen Veränderungen. Die Komplikationsrate lag bei 12,5% für die extraartikuläre Methode und bei 17,4% in der TPLO Gruppe. In Anbetracht der oft nicht miteinander zusammenhängenden klinischen und röntgenologischen Untersuchungsergebnisse, versuchten KIM et al. (2009), dreidimensional die femorotibialen Kontaktmechanismen im Kniegelenk des Hundes nach einer TPLO darzustellen. Die Autoren stellten fest, dass die Methode zwar den kraniokaudalen Translationsmechanismus eliminiert, jedoch nicht in physiologischer transartikulärer Lastübertragung resultiert. Sie nahmen daher an, dass dieses der Grund für das durchschnittlich geringgradige Fortschreiten der Arthrose bei dennoch sehr guten klinischen Ergebnissen sein könnte.



Abbildung 14: Mediolaterale und kaudokraniale Röntgenaufnahme des rechten Kniegelenks eines Hundes nach einer TPLO

Als alternative Technik dazu publizierten MONTAVON et al. im Jahr 2002 die Tibial Tuberosity Advancement Technik (TTA) (**Abb. 15**). Hierbei sollen die tibiofemorale Scherkräfte durch eine Kranialverlagerung der *Tuberositas tibiae* neutralisiert werden. Diese erfolgt in solchem Maße, dass sich ein Winkel von 90° zwischen dem *Ligamentum patellae* und der femorotibialen Kontaktfläche, dem Tibiaplateau, ergibt. Trotz hoher Raten schwerwiegender Komplikationen mit bis zu 38,9% (CHRISTOPHER et al., 2013; MACDONALD et al., 2013) sind die Ergebnisse im Allgemeinen nicht nur klinisch (HOFFMANN et al., 2006), sondern auch ganganalytisch als gut zu beurteilen. Bis zu 90% der ursprünglichen Gliedmaßenfunktion erhielten die Patienten durchschnittlich sechs Monate nach einer TTA, gemessen anhand objektiver Daten, zurück (VOSS et al., 2008).



Abbildung 15: Die Tibial Tuberosity Advancement (TTA) Methode nach MONTAVON et al. (2002) (*aus FISCHER 2010*)

Durch Weiterentwicklungen der TTA versuchten verschiedene Chirurgen durch eine geringere Anzahl an Implantaten (Modified Marquet Technique – MMT (ETCHEPAREBORDE et al., 2011); circular Tibial Tuberosity Advancement – cTTA (PETTAZONI, 2010) oder durch Einsetzen anderer Implantate (Modified Marquet Procedure–MMP) zu vereinfachen. Derzeit gibt es trotz positiver Resonanz noch keine umfassende Studie, die die Sicherheit und Erfolgsrate dieser Operationsmethoden ausreichend bewertet.

Im Jahr 2007 publizierten BRUCE et al. die Triple Tibial Osteotomy (TTO) als eine Operationstechnik zur Behandlung des vorderen Kreuzbandrisses beim Hund. Mittels subjektiver Beurteilung konnte in dieser Studie trotz einer hohen Komplikationsrate von 36,0% ein sehr gutes in 77,1% und ein gutes Ergebnis in 22,9% der Fälle erzielt werden. Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse eini-ger dynamischer Stabilisierungsverfahren in **Tabelle 3** dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht zu den Ergebnissen einiger Untersuchungen zur dynamischen Kniegelenksstabilisierung beim Hund nach Angaben in der Literatur

Autor	Technik	Patienten- anzahl	Positives Ergebnis(%)	Art der Unter- suchung
SLOCUM und DEVINE (1984)	Kraniale Keilos- teotomie (CTWO)	19	57,9%	experimentell
SLOCUM und DEVINE SLOCUM (1993)	Tibial Plateau Leveling Osteot- omy (TPLO)	102	97	klinisch
MONTAVON und TEPIC (2002)	Tibial Tuberosity Advancement (TTA)	keine An- gaben	keine Anga- ben	experimentell
BRUCE (2007)	Triple Tibial Osteotomy (TTO)	67	100 (sehr gut bis gut)	klinisch
ETCHEPAREBORD (2011)	Modified Marquet Technique (MMT)	keine An- gaben	keine Anga- ben	experimentell

2.3.2.4. Besonderheiten der Therapie der vorderen Kreuzbandruptur bei kleinen Hunderassen

CONZEMIUS et al. (2005) konnten mit ihren Untersuchungen bei Labrador Retrievern zeigen, dass die Art der chirurgischen Intervention einen entscheidenden Effekt auf die Gliedmaßenfunktion hat. Ob Gleiches hinsichtlich der biomechanischen Verhältnisse des kaninen Kniegelenks und deren Beeinflussung durch einen operativen Eingriff auch für leichtgewichtige Hunde gilt, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht dargelegt werden, da nur wenige solcher Untersuchungen an Kniegelenken kleiner Hunderassen vorliegen (VASSEUR et al., 1985). Obwohl sich die dynamischen Stabilisierungsverfahren seit der Etablierung der Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) 1993 weiter durchsetzen konnten (LEIGHTON, 1999), (COMERFORD et al., 2013) werden dennoch häufig weniger invasive oder sogar konservative Therapiemöglichkeiten bei kleinwüchsigen Rassen < 15kg Körpergewicht in Betracht gezogen. In einer Umfrage von COMERFORD et al. (2013) zeigte sich, dass bei Hunden < 15kg bei 6,8% der 113 befragten Veterinäre eine konservative Therapie stets, und bei 77,6% fallabhängig zum Einsatz kommt. Wenn eine chirurgische Stabilisierung als Therapie der vorderen Kreuzbandruptur gewählt wurde, gaben 6,8% an, eine intraartikuläre, 63,4% eine extraartikuläre, 5,0% andere und 32,9% eine dynamische Methode einzusetzen. Im Vergleich dazu gaben 87 von 111 befragten ACVS Diplomates bei einer Umfrage von LEIGHTON (1999) an, eine modifizierte Flo-Technik (FLO, 1975) bei kleinen Hunden unter 16kg KGW zu verwenden. Lediglich drei der 111 befragten Veterinärorthopäden verwendeten derzeit die TPLO als Therapie. Lange wurde angenommen, dass sich bei leichtgewichtigen Hunderassen auch ohne dynamische Stabilisierungen gute bis sehr gute Ergebnisse erzielen lassen, sodass die Osteotomiemethoden früher wenig Anwendung fanden. TIMMERMANN et al. (1996) zeigten in einer vergleichenden Untersuchung zwischen einer Faszienopplungs- und einer Over-The-Top Technik, dass in der Gewichtsklasse < 15kg lediglich einer von acht Patienten im Rahmen der klinisch-orthopädischen Untersuchung nach sechs Monaten eine Restlahmheit zeigte. Diese Gruppe erzielte im Vergleich mit anderen Gewichtsklassen die besten Ergebnisse. So kamen die Autoren zu der Annahme, dass der Heilungsverlauf nach einer Kreuzbandoperation offensichtlich in gewissem Maße vom Gewicht beeinflusst wird. Auch ALLGÖWER et al. (2000) konnten bei einer vergleichenden Untersuchung von zwei extraartikulären Stabilisierungsmethoden (FLO, 1975;

ALLGOEWER et al., 2000) bei 93% klinisch und röntgenologisch kontrollierter Patienten nach einer Kapselfasziennaht und Fasziendopplung eine Lahmfreiheit bestätigen. Obwohl die Patientenpopulation hinsichtlich der Rasse und des Gewichts heterogen war, wurden besonders bei Hunden unter zehn kg KGW ($n = 10$) sehr gute Ergebnisse erzielt. Ebenso kamen ALT (2000) überwiegend zu „zufriedenstellenden“ Ergebnissen mit der Kapselfasziennaht und Fasziendopplung. Die Erklärung für die teilweise großen Unterschiede bei der Therapie der unterschiedlichen Gewichtsklassen könnte mit dem Grad der degenerativen Bandveränderungen zusammenhängen. VASSEUR et al. (1985) fanden heraus, dass die histologischen Veränderungen, besonders diejenigen des vorderen Kreuzbandes, bei Hunden < 15 kg Körpergewicht deutlich geringer als bei schwereren Rassen waren. Zudem war das Einsetzen des degenerativen Prozesses um Jahre verzögert. Ein somit langsamerer Verlauf der vorderen Kreuzbanderkrankung und eine sich parallel verstärkende Gelenkkapselfibrose (ANDO et al., 2012) bei kleinwüchsigen Rassen könnten maßgebend für die guten Ergebnisse der genannten Studien sein. Dennoch sollte berücksichtigt werden, dass die angegebenen Untersuchungen stets eine subjektive Lahmheitsbeurteilung verwendeten. Da WAXMAN et al. (2008) zeigten, dass diese Art der Beurteilung aufgrund der visuellen Limitation des menschlichen Auges bei der Erfassung der Schrittfolge nicht als repräsentativ gilt, stellt sich weiterhin die Frage nach der bestmöglichen Therapie bei diesen Patienten. Der Trend der Umfragen von LEIGHTON (1999) und COMERFORD (2013), sowie die Tatsache dass zunehmend mehr Berichte von sehr guten Ergebnissen nach Umstellungsosteotomien, nicht nur bezüglich der Funktionalität, sondern auch hinsichtlich der verkürzten Rehabilitationszeit bei Hunden kleinwüchsiger Rassen (MATIS, 2010; VEZZONI, 2010) evident werden, zeigt die steigende Popularität dieser Therapiealternative.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Patientengut, Material und Methoden

1.1. Patientengut

In diese Untersuchung wurden insgesamt Hunde verschiedener Rassen und Mischlinge einbezogen. Das Alter bei der Erstvorstellung der Patienten variierte zwischen 10,8 Monaten und 14,5 Jahren und die Körpergewichte lagen zwischen 2,7 und 15 kg. Insgesamt waren 35 Hunde, 15 männliche, davon 10 kastrierte und 20 weibliche, davon 14 kastrierte an der Studie beteiligt.

1.2. Untersuchungsablauf

Die in die Untersuchung eingeschlossenen Patienten wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Von diesen wurde eine Gruppe retrospektiv (Patienten die eine TPLO erhalten hatten) und die andere prospektiv (Patienten die eine Kapselfasziennaht und Fasziendopplung erhalten hatten) beurteilt. Die Patienten der TPLO-Gruppe wurden \geq sechs Monate nach der Operation klinisch-orthopädisch, röntgenologisch, ganganalytisch und mithilfe einer Besitzerbefragung untersucht. Die Ergebnisse der präoperativen klinisch-orthopädischen Untersuchung wurden anhand dokumentierter Untersuchungsbefunde ermittelt. Aufgrund des Untersuchungsaufbaus konnte darüber hinaus lediglich die Röntgenuntersuchung als Verlaufsparemeter im Vergleich zu präoperativen Werten herangezogen werden. Die Hunde der extraartikulären Gruppe wurden sowohl vor der Operation, als auch \geq sechs Monate nach dem Eingriff klinisch-orthopädisch, röntgenologisch, ganganalytisch und mithilfe einer Besitzerbefragung evaluiert. Die Geschlechtsverteilung zwischen den Gruppen ist in **Tabelle 4** dargestellt.

Tabelle 4: Geschlechtsverteilung in den Gruppen (m = männlich; mk = männlich kastriert; w = weiblich; wk = weiblich kastriert)

Geschlecht	TPLO-Gruppe	KFR und FD-Gruppe	Gesamtzahl
m	2	4	6
mk	3	7	10
w	1	5	6
wk	7	6	13
Summe	13	22	35

1.2.1. Klinisch-orthopädische Untersuchung

Neben einer klinisch-orthopädischen Untersuchung wurden eine Allgemeinuntersuchung und eine klinisch-neurologische Untersuchung zu den jeweiligen Kontrollzeitpunkten durchgeführt. Patienten mit neurologischen Auffälligkeiten wurden nicht mit in die Studie aufgenommen bzw. ausgeschlossen. Im Rahmen der klinischen Untersuchungen wurden gängige Beurteilungskriterien (TOBIAS&JOHNSTON, 2011) (*siehe Anhang Punkt 2*) zur Erfassung des orthopädischen Ist-Zustandes und des therapeutischen Erfolgs herangezogen. Neben dem Lahmheitsgrad (Grad 0 = keine Lahmheit (LH), Grad I = undeutlich geringgradige LH – Gangbild kaum gestört; Grad II = deutlich geringgradige LH – Gangbild gestört, aber stetige Belastung der Gliedmaße; Grad III = mittelgradige LH – Gangbild gestört und keine stetige Belastung der Gliedmaße; Grad IV = hochgradige LH – Gangbild gestört und keine Belastung der Gliedmaße) wurden der Sitztest, Muskelatrophien, das Schubladenphänomen, die Krepitation, die Schmerzhaftigkeit bei Manipulation, die Schwellung, auditiv wahrnehmbare Meniskuskäsionen, der Tibia-Kompressionstest (HENDERSON&MILTON, 1978) und der subjektive Bewegungsumfang der Gliedmaße beurteilt.

1.2.2. Die röntgenologische Untersuchung

Im Zuge der vergleichenden röntgenologischen Untersuchung des Voranschreitens degenerativer und anderer evtl. operationsassoziiierter Veränderungen wurden die betroffenen Kniegelenke der Patienten beider Gruppen präoperativ und \geq sechs Monate nach dem Eingriff in mediolateralem und kraniokaudalem Strahlengang geröntgt. Um eine Aussage über die Progression der Osteoarthrose treffen zu können wurde ein Bewertungsschema in Anlehnung an MAGER (2000) verwendet. Dazu wurden wie folgt vier Arthrosekategorien mit entsprechenden Merkmalen definiert (**Abb.16**):

Kategorie 1: keine radiologischen Anzeichen für arthrotische Veränderungen

Kategorie 2: geringe Unschärfen an den Gelenkenden von *Tibia* und *Femur*, sowie leichte Ausziehungen an der *Patella*

Kategorie 3: Strukturverdichtungen an den Gelenkenden von *Tibia* und *Femur*, sowie osteophytäre Zubildungen an den Kondylen der *Tibia*. Weiterhin stärkere Ausziehungen an der *Patella* und unscharfe Konturen der *Ossa sesamoideae* des *M. gastrocnemius*.

Kategorie 4: starke osteophytäre Zubildungen an den Gelenkenden, sowie eine vermehrte Plateaubildung an der kaudalen Artikulationsfläche der *Tibia*. Weiterhin sehr starke Ausziehungen an der *Patella*, deutliche osteophytäre Zubildungen im Bereich der Rollkämme der *Trochlea ossis femoris* (Pommersche Randwülste), ein starker Konturverlust der *Ossa sesamoideae* des *M. gastrocnemius* und eine Gelenkspaltverengung.

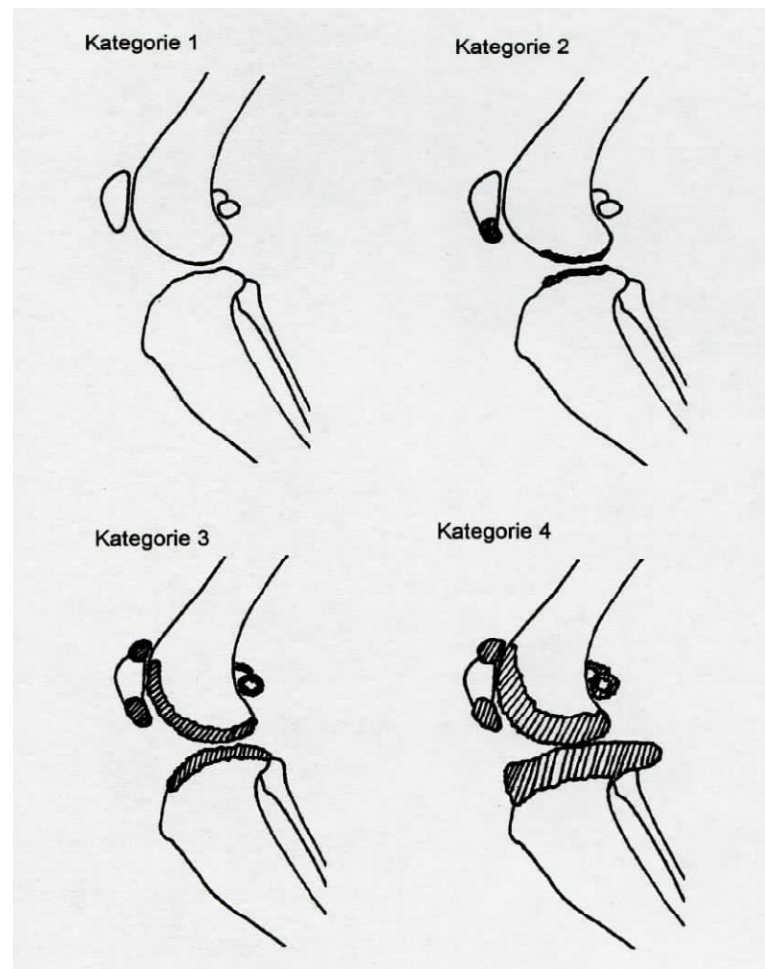


Abbildung 16: Bildliche Darstellung der Osteoarthrosekategorien (MAGER, 2000). Kategorie 1 \triangleq keine Arthrose; Kategorie 2 \triangleq geringgradige Arthrose; Kategorie 3 \triangleq mittelgradige Arthrose; Kategorie 4 \triangleq hochgradige Arthrose

Anschließend wurden die osteoarthrotischen Veränderungen mithilfe der angefertigten Röntgenbilder an 15 zuvor definierten Knochenpunkten (**Tab. 5 und 6**) bewertet (**Abb. 17**).

Dabei erhielt jeder Untersuchungspunkt einen Wert:

- 1 = keine osteophytären Zubildungen
- 2 = geringgradige osteophytäre Zubildungen
- 3 = mittelgradige osteophytäre Zubildungen
- 4 = hochgradige osteophytäre Zubildungen

Im Folgenden wurde die Summe aus den Einzelwerten gebildet und der Quotient durch die Anzahl der bewerteten Untersuchungspunkte errechnet (Arthroseindex). Dieser Arthroseindex wurde dann einer der Arthrosekategorien zugeordnet (Aufwertung ab $x = 0,5$ und Abwertung bei $x < 0,5$).

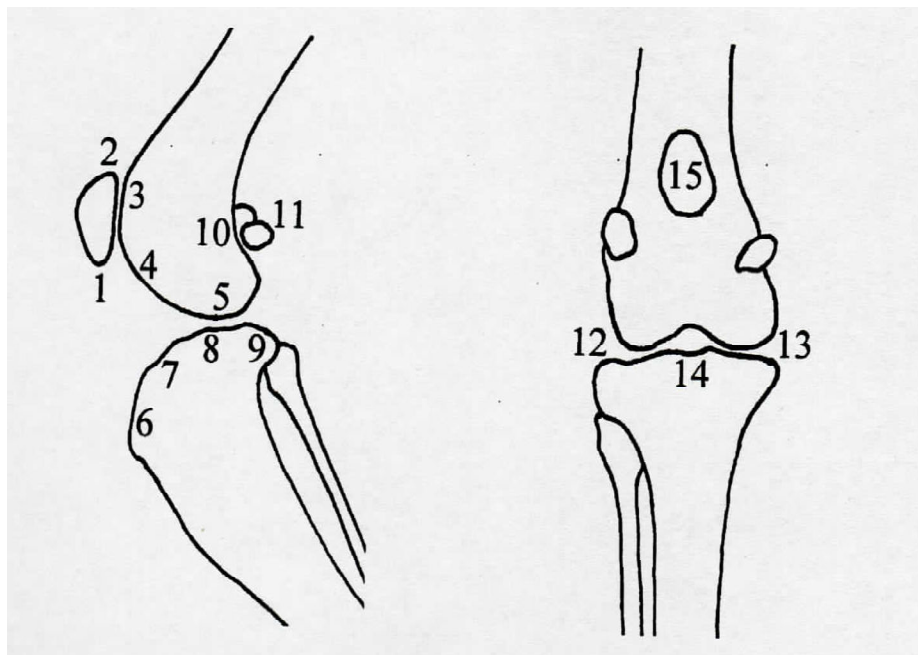


Abbildung 17: Darstellung der 15 Untersuchungspunkte zur Ermittlung des Arthroseindex (MAGER, 2000)

Tabelle 5: Definition der anatomischen Orientierungspunkte, bezogen auf die mediolaterale Projektion bei der röntgenologischen Untersuchung, zur Bewertung der osteoarthrotischen Veränderungen (MAGER, 2000).

Zahl in Abbildung 17	Anatomischer Orientierungspunkt
1	<i>Apex patellae</i>
2	<i>Basis patellae</i>
3	proximaler Bereich der <i>Trochlea ossis femoris</i>
4	distaler Bereich der <i>Trochlea ossis femoris</i>
5	Bereich der Kondylen des <i>Femurs</i>
6	Bereich der <i>Tuberositas tibiae</i>
7	kranialer Bereich der Tibiakondylen
8	kaudaler Bereich der Tibiakondylen
9	Tibiaplateau
10	Bereich der <i>Facies poplitea</i>
11	<i>Ossa sesamoidea m. gastrocnemii</i>

Tabelle 6: Definition der anatomischen Orientierungspunkte, bezogen auf die kraniokaudale Projektion bei der röntgenologischen Untersuchung, zur Bewertung der osteoarthrotischen Veränderungen (MAGER, 2000).

Zahl in Abbildung 17**Anatomischer Orientierungspunkt**

12	laterale Kondylen von <i>Femur</i> und <i>Tibia</i>
13	mediale Kondylen von <i>Femur</i> und <i>Tibia</i>
14	Bereich der <i>Fossa intercondylaris</i>
15	<i>Patella</i>

1.2.3. Die computergestützte Ganganalyse

Zur objektiven Bewertung des Operationserfolgs wurde bei den Patienten der prospektiv untersuchten Gruppe sowohl vor, als auch \geq sechs Monate nach der Operation eine computergestützte Ganganalyse durchgeführt. Bei den Hunden, die eine TPLO erhalten hatten, ließ der Untersuchungsaufbau die gleiche Untersuchung nur \geq sechs Monate nach dem Eingriff zu. Die kinetische Datenerhebung erfolgte im Ganganalyselabor der Ludwig-Maximilians Universität München. In diesem 30 qm großen Raum befindet sich zentral eine 5,7m lange, 1,2m breite und 28cm hohe Vorrichtung, in die zwei Laufbänder eingearbeitet sind. Unterhalb des sichtbaren Anteils von ca. 140cm x 80cm befinden sich vier modifizierte Kistler Kraftmessplatten, die weiter über einen Verstärker und einen Signalwandler mit einem Computer verbunden sind. Die Geschwindigkeit der Laufbänder lässt sich bis auf 0,02 m/s regulieren. Die erfassten kinetischen Daten wurden dann in das Programm Vicon Nexus 1.7® (Fa. Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK.) übertragen und mithilfe einer speziellen Software (QuadruPedLocomotion, Fa. Simi Reality Motion Systems, Unterschleißheim, Deutschland) ausgewertet.



Abbildung 18: Fotografische Darstellung des Ganganalyselabors der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der LMU München.

Abhängig von der Größe und Rasse des Patienten wurden in einheitlicher Geschwindigkeit zwischen 0,6m/s und 1,0m/s bei allen Untersuchungen kinetische Daten erhoben. Neben dem Symmetrieindex (SI), welcher den Belastungsunterschied zwischen der betroffenen und der kontralateralen Seite aufzeigt, wurde der vertikale Impuls als Maß für die während der Standphase aufgebrachte vertikale Bodenreaktionskraft (F_z) in % des Körpergewichts pro Sekunde ermittelt. Für die Auswertung der Daten wurde nach hauseigenen Untersuchungen ein Cut-Off Wert von 10 gewählt, ab dem die entsprechende Gliedmaße als deutlich geringer belastet und damit auch als lahm bewertet wurde.

Der Symmetrieindex wurde nach ROBINSON et al. (1987) wie folgt berechnet:

$$SI = ABS (200 \times [(PVF\ rechts - PVF\ links) \div (PVF\ rechts + PVF\ links)])$$

SI = Symmetrie Index

ABS = Betrag

PVF rechts = „peak vertical force“ der rechten Hintergliedmaße

PVF links = „peak vertical force“ der linken Hintergliedmaße

Von einer möglichen kinematischen Datenerfassung wurde aus technischen Gründen abgesehen.

1.2.4. Vorbereitung der Patienten für den operativen Eingriff

Bei allen Patienten wurde vor der Narkose eine Blutbilduntersuchung und ein Serumprofil, bestehend aus ALT (Alaninaminotransferase), AP (Alkalische Phosphatase), Kreatinin, Harnstoff und dem Gesamteiweiß, angefertigt. Bei Hunden über acht Jahren wurden zusätzlich Blutgase analysiert und eine laterolaterale Röntgenaufnahme des Thorax angefertigt. Des Weiteren erhielten die Hunde ein standardisiertes Narkoseprotokoll. Zur Prämedikation wurde eine Neuroleptanalgesie mit 0,02mg/kg Acepromazin intramuskulär (i.m.) und 0,15mg/kg Levomethadon i.m. verwendet.

Als zusätzliches Analgetikum wurde Metamizol in einer Dosierung von 50mg/kg intravenös (i.v.) injiziert. Bei Patienten, ab der ASA-Klasse III wurde abweichend eine Ataranalgesie mit 0,5mg/kg Diazepam i.v. und 0,15mg/kg Piritramid i.v. verwendet. Zur Einleitung wurden nach Effekt ca. 3-5mg/kg Propofol i.v. verwendet. Des Weiteren wurden bei der Einleitung 22,5mg/kg Cefazolin i.v. verabreicht. Nach der Intubation wurde die Allgemeinanästhesie einheitlich mit 2% Isofluran im Sauerstoff/Gasgemisch aufrecht erhalten. Anschließend wurde die betroffene Gliedmaße vollständig vom Hüft- bis zum Tarsalgelenk geschoren und aseptisch mit einer jodhaltigen Waschlotion (Jodosept®, Fa. Vêtoquinol GmbH,

A-1140 Wien) und einem alkoholischen Hautdesinfektionsmittel (Septoderm®, Fa. Dr. Schumacher GmbH, D-34323 Malsfeld) für den Eingriff präpariert. Während der gesamten Narkosedauer wurde eine Vollelektrolytlösung (Elektrosel® Fa. Selectavet, Dr. Otto Fischer GmbH, D-83629 Weyarn-Holzolling) mit 10ml/kg/Std. i.v. infundiert. Nach der Vorbereitung für den Eingriff wurde der Patient in Rückenlage auf dem Operationstisch positioniert und die entsprechende Gliedmaße mit der Längsachse vertikal so an einem mobilen Bügel fixiert, dass ein Beugen und Strecken des Kniegelenks während der Operation noch möglich war.

1.2.5. Die Tibial Plateau Leveling Osteotomie (TPLO)

Die Tibial Plateau Leveling Osteotomy erfolgte in Anlehnung an die von SLOCUM und SLOCUM (1993) beschriebene Technik. Demnach wurde die Messung des Tibiaplateauwinkels mithilfe der funktionellen Achse, einer entsprechenden senkrechten Linie und einer Sekante, welche dem Tibiaplateau entspricht, durchgeführt (**Abb.19**). Abweichend von dieser wurde der Patient in Seitenlage positioniert, sodass sich die zu operierende Gliedmaße tischnah befand. Eine Magnetresonanztomographie, Arthroskopie oder Arthrotomie zur Beurteilung der Menisken wurde routinemäßig nicht durchgeführt. Nach dem Zugang zur proximalen Tibia von medial und einer Osteotomie mittels biradiärer Säge (Fa. Slocum Enterprises, 621 River Ave, OR 97404, USA) wurde das Tibiaplateau auf 5°–6,5° rotiert. Die Fixation erfolgte mit eigens für dieses Verfahren vorgesehenen TPLO-Platten (TPLO Plate Small, 9mm x 41,85mm x 17,28mm, Fa. Gruppo Bioimpianti s.r.l., Via Liguria 28, 20068 Peschiera Borromeo-Italia) und 6 Kortikalisschrauben. Die Reinsertion des *M. sartorius* und der Verschluss der Wunde erfolgten nach herkömmlichem Muster. Ein von SLOCUM und SLOCUM (1993) beschriebener Jig wurde nicht verwendet.



Pfeil = Messleiste zur Bestimmung der bildlichen Vergrößerung

blaue Linie = funktionelle Tibia-längsachse durch Verbindung des Zentrums der Rotation des Talokruralgelenks und des Femoro-tibialgelenks.

schwarze Linie = Senkrechte zur funktionellen Tibialängsachse

grüne Linie = Sekante der tibialen Artikulationsfläche durch Verbindung der kranialsten und kaudalsten Konturen der Tibiakondylen

Stern = Tibiaplateauwinkel

Kreis = Zentrum der Rotation des Talokruralgelenks

Abbildung 19: Methode zur Bestimmung des Tibiaplateauwinkels. Hier als Modifikation der 1984 von SLOCUM und DEVINE beschriebenen Methode.

1.2.6. Die Kapselfasziennaht und Fasziendopplung

Bei der Kapselfasziennaht und Fasziendopplung wurde ein lateraler parapatellarer Zugang zum Kniegelenk gewählt. Nach dem Hautschnitt und der Inzision der *Fascia lata et genu* wurde diese entlang der Schnittkanten ca. 0,5 cm kranial und kaudal von der darunter liegenden Gelenkkapsel präparierend gelöst. Die anschließende Inzision der Gelenkkapsel ermöglichte die mediale Luxation der *Patella* und folglich die Inspektion des Kniegelenks. Bei einem „Cleaning-Up“ wurden dann die Kreuzbandrudimente und gegebenenfalls beschädigte Meniskusanteile reseziert (partielle kaudale Meniskektomie). Nachdem das Gelenk mit steriler Kochsalzlösung (isotonische Kochsalzlösung 0,9%, Fa. B. Braun, D-34209 Melsungen) gespült und die *Patella* reponiert worden war, erfolgte die Stabilisierung des Gelenks. Dazu wurde das Kniegelenk ge-

streckt und die proximale *Tibia* nach lateral rotiert, indem der *Calcaneus* nach medial gedreht wurde. Hiermit wurde erreicht, dass die *Tibia* in ihrer physiologischen Position zum *Femur* fixiert wurde. Die Fadenführung begann lateral auf Höhe der distalen Patella und des seitlichen Halteapparates, dem *Lig. femoropatellaris* (**Abb. 20; 1**). Hier wurde die Gelenkkapsel kaudoproximal und nicht perforierend durchstoichen und es wurden nach dem Schema einer horizontalen Matratzennaht zwei Einzelknopfhefte nach distal bis zur Insertion des *Ligamentum patellae* gelegt (**Abb. 20; 2**). Um ein Ausreißen zu verhindern, wurde das *Ligamentum patellae* direkt proximal der Ansatzstelle an der *Tuberositas tibiae* durchstoichen. (ALT, 2000). Als Nahtmaterial wurde Polyglactin 910 (Vicryl©, Fa. Ethicon D-22851 Norderstedt) der Stärke 2-0 bis 12 kg und der Stärke 0 von 12–15 kg Körpergewicht verwendet. Nach Prüfen und Erreichen der Gelenksstabilität wurde die Gelenkkapsel proximal der Kapselfaszienraffung in herkömmlicher Weise mit Einzelheften in der nächstkleineren Fadenstärke selben Materials verschlossen. Zusätzliche Unterstützung wurde durch die Dopplung der *Fascia lata et genu* erzielt, welche im distalen Bereich über das *Lig. patellae* genäht wurde (**Abb. 20; 3 und 4**). Die Faszienkopplung wurde unter Verwendung gleichen Nahtmaterials und gleicher Fadenstärke, wie beim Verschluss der Gelenkkapsel durchgeführt und durch Einzelhefte im Muster einer horizontalen Matratzennaht erreicht.

Die Hefte wurden etwa in einem 45° Winkel zur Schnittebene der Faszie gelegt, sodass sich der kraniodistale Teil beim Knüpfen unter den kaudoproximalen schob. Die Unterhaut wurde fortlaufend mit Polyglactin 910 (Vicryl©, Fa. Ethicon D-22851 Norderstedt) der Stärke 3-0 und die Haut durch Einzelhefte mit Polypropylen (Premilene©, Fa. B.Braun, D-34209 Melsungen) der Stärke 3-0 verschlossen.

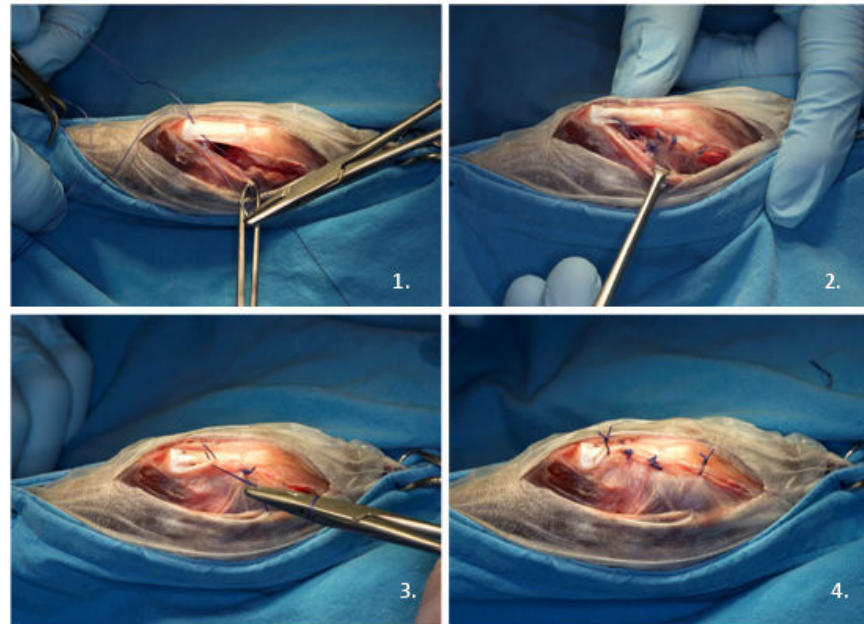


Abbildung 20: Die Kapselfaszienraffung und Faszienplastik an einem Kniegelenkmodell. 1) Durchstechen der Gelenkkapsel im Bereich des *Lig.fabellopatellaris* und Perforation des *Ligamentum patellae* 2) Knotung der zwei stabilisierenden Haltefäden 3/4) Dopplung der *Fascia lata et genu*

1.2.7. Nachsorge der Patienten

Nach erneuter Überprüfung der Kniegelenksstabilität wurde die Wunde mit einem Pflaster geschützt. Die Patienten wurden 48–72 Stunden nach dem Eingriff aus der stationären Behandlung entlassen. Am Tag der Operation erhielten die Patienten 10 µg/kg Buprenorphin i.v. (alle acht Stunden) und 22,5 mg/kg Cefazolin i.v. (alle 12 Stunden). Im Anschluss wurden 4,4 mg/kg Carprofen p.o. (alle 24 Stunden) für 10 Tage und 22,5 mg/kg Cefalexin p.o. (alle 12 Stunden) für sieben Tage verabreicht.

1.2.8. Kontrolluntersuchungen

Die erste klinische Kontrolle, bei der das operierte Kniegelenk jedoch kaum manipuliert wurde, erfolgte zum Zeitpunkt des Entfernens der Hautfäden nach 10 –14 Tagen. Eine weitere klinische und röntgenologische Untersuchung wurde dann bei beiden Gruppen sechs Wochen nach dem jeweiligen Eingriff durchgeführt. Die Abschlussuntersuchung erfolgte bei beiden Patientengruppen nach ≥ 6 Monaten postoperationem durch einen Untersucher (B. Berger) mit den im Abschnitt 1.2 beschriebenen Untersuchungsverfahren.

1.2.9. Der Besitzerfragebogen

Mithilfe der Besitzer sollte ein weiterer Eindruck hinsichtlich der Rehabilitationszeit und der Funktionalität der operierten Kniegelenke gewonnen werden. Neben generellen Fragen zum Heilungsverlauf, wie z.B. der aktuellen Belastung, bestehenden Lahmheiten oder Komplikationen, sollte das Gesamtergebnis des Eingriffs als „sehr gut“, „gut“, „befriedigend“ oder „unbefriedigend“ beurteilt werden. Des Weiteren wurden die Patientenbesitzer gebeten, den Zeitpunkt in Tagen zu notieren, ab dem eine partielle bzw. eine vollständige Belastung zu sehen war. Der Fragebogen (*siehe Anhang Punkt 1*) wurde den Besitzern der Patienten bei der Abschlussuntersuchung ausgehändigt.

1.2.10. Statistik

Die statistische Analyse wurde mithilfe einer Standard Statistiksoftware (IBM SPSS statistics 21.0 software, Fa IBM, Armonk, NY) durchgeführt. Der Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test wurde für den prä und \geq sechs Monate postoperativen Vergleich der Muskelatrophie von der operierten und der kontralateralen Gliedmaße bei der Kapselfaszienraffung und Faszienopplungsgruppe verwendet. Aufgrund des Untersuchungsaufbaus konnte Gleiches bei den TPLO Patienten nur \geq sechs Monate postoperationem durchgeführt werden. Die Muskelatrophie wurde zudem zwischen den beiden Untersuchungsgruppen zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung verglichen. Zudem wurde der Exakte Test nach Fisher für die analytische Bewertung von Geschlecht, Lahmheitsgrad, Auslösbarkeit des Schubladenphänomens, den Tibia-Kompressionstest, Krepitation, Schmerzhaftigkeit bei Manipulation, subjektivem Grad des Bewegungsumfangs des betroffenen Kniegelenks, der Osteoarthroseprogression

zwischen präoperativen und \geq sechs Monate postoperativen Werten, wie auch zwischen den Untersuchungsgruppen, Gelenkschwellung und Gelenkfüllung, die Anzahl der Meniskusläsionen und die computergestützte Ganganalyse verwendet. Die subjektive Bewertung der Belastungsdaten durch den Patientenbesitzer, das Körpergewicht und das Alter wurden mithilfe des t-Tests untersucht. Der U-Test nach Raatz wurde verwendet, um eventuelle Unterschiede bei der Besitzerzufriedenheit und der Rekonvaleszenzzeit aufzuzeigen. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Um die Effekte der zwei unterschiedlichen Operationstechniken zu quantifizieren, wurde eine standardisierte Effektgröße kalkuliert (Cohen d bei der Muskelatrophie und der Rekonvaleszenzzeit und Cramer's phi bei allen anderen Kriterien).

Eine Effektgröße von null bedeutete, dass die Art der Operationstechnik keinen Einfluss auf das Endergebnis hätte, und ein Wert von eins bedeutete, dass sie den größtmöglichen Effekt auf das Ergebnis bei der Abschlussuntersuchung hätte (**Tab. 11**).

IV. ERGEBNISSE

1. Patienten

Insgesamt nahmen 35 Patienten unterschiedlicher Rassen und Mischlinge an der Untersuchung teil (**Tab. 7**). Von diesen wurden 13 Patienten mit 21 betroffenen Kniegelenken retrospektiv (TPLO-Gruppe) und 22 Patienten mit 24 betroffenen Gelenken prospektiv (KFR und FD-Gruppe) untersucht. Das durchschnittliche Gewicht der 35 in die Untersuchungen eingeschlossenen Hunde betrug $9,5\text{kg} \pm 3,8$ (von 2,7kg–15kg). Zwischen den beiden Untersuchungsgruppen gab es diesbezüglich keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,375$). Fünf Patienten waren intakte Rüden, wohingegen 10 männliche Tiere kastriert waren. Von den weiblichen Tieren waren sechs intakte Hündinnen und 14 weitere waren bereits kastriert ($p = 0,118$). Das Durchschnittsalter bei der Erstvorstellung der Patienten der TPLO-Gruppe war $7,0 \pm 2,5$ Jahre (von 1,8 Jahren – 12,5 Jahren), wohingegen die Patienten der Vergleichsgruppe $9,9 \pm 3,2$ Jahre (von 0,9 Jahren – 14,5 Jahren) alt waren. Dieser Unterschied wurde statistisch als signifikant erfasst ($p = 0,002$), wonach die Patienten der Kapselfaszienraffung und Fasziendopplungs-Gruppe älter als diejenigen der TPLO-Gruppe waren. Das Gewicht der Probanden war in der Verteilung von 2,7kg bis 15kg Körpergewicht homogen innerhalb der Gruppen und ebenso zwischen den beiden Probandengruppen verteilt. Geringgradige Unterschiede wurden als nicht signifikant bewertet ($p = 0,375$). Bei den Hunden der extraartikulären Gruppe waren 9 rechte und 15 linke Kniegelenke betroffen, wohingegen es in der TPLO – Gruppe 9 rechte und 12 linke waren. Zur besseren Übersicht sind o.a. Werte in **Tabelle 7 und 8** dargestellt.

Tabelle 7: Häufigkeit, Art und Gruppenverteilung der in die Untersuchung eingeschlossenen Hunderassen

Rasse	TPLO- Gruppe (n)	KFR und FD- Gruppe (n)	Anzahl gesamt (n)
Mischling	3	8	11
Jack Russel Terrier	3	5	8
Yorkshire Terrier	4	2	6
Beagle	2	1	3
Shih-Tzu	0	1	1
Norwich Terrier	0	1	1
Cairn Terrier	0	1	1
Malteser	1	1	2
West Highland White Terrier	0	1	1
Zwergpudel	0	1	1
Summe der Patienten	13	22	35
Anzahl der bilateral betroffenen Hunde	8	2	10
Anzahl der Gelenke	21	24	45

Tabelle 8: Vergleichende Darstellung der Patienten beider Untersuchungsgruppen hinsichtlich des Alters, Geschlechts und des Gewichts. Die Signifikanz wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

Kriterium/Patientengruppe	KFR und FD	TPLO	Signifikanz
Alter (Ø)	9,9 ± 3,2 Jahre (0,9J. – 14,5J.)	7,0 ± 2,5 Jahre (1,8J. –12,5J.)	p = 0,002
Geschlecht	m (5) mk (5) w (8) wk (4)	m (4) mk (3) w (2) wk (6)	p = 0,118
Gewicht (Ø)	9,25 ± 3,15kg (4,5kg –15kg)	9,88 ± 4,55 (2,7kg –15kg)	p = 0,375

Vor dem jeweiligen Eingriff hatten die Patientengruppen durchschnittlich einen vergleichbaren Lahmheitsgrad und ebenso eine vergleichbare Anzahl an positiven Schubladentests ($p > 0,05$). Darüber zeigten die Gruppen hinsichtlich des Tibiakompressionstests und des Osteoarthrosegrades keinen signifikanten Unterschied. Die entsprechenden Informationen sind **Tabelle 9** zu entnehmen.

Tabelle 9: Vergleichende Darstellung der präoperativen klinischen, röntgenologischen und ganganalytischen Untersuchungsergebnisse.

Kriterium/Operationstechnik	KFR und FD (n = 24 Gelenke)	TPLO (n = 21 Gelenke)	Signifikanz
Lahmheitsgrad (subjektiv; Ø)	2,84 ± 0,76 Grad III	2,86 ± 1,06 Grad III	nein
Patienten mit Lahmheit in % (objektiv)	90,9	keine Daten	—
Schubladenphänomen (Ø)	mittelgradig (2,12 ± 0,64)	mittelgradig (1,95 ± 0,91)	nein
Positiver Tibia-Kompressionstest in %	89,5	83,3	nein
Grad der Osteoarthritis (Ø)	geringgradig (1,54 ± 0,71)	geringgradig (1,60 ± 0,60)	nein
Muskelatrophie (Ø)	0,7cm ± 1cm	keine Daten	—
Seitenverhältnis rechts:links	9:15	9:12	nein
Schmerzhaftigkeit	21	keine Daten	—

2. Ergebnisse der Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO)

Insgesamt konnten 13 Patienten mit 21 Kniegelenken \geq sechs Monate nach der Operation untersucht werden. Die Abschlussuntersuchung erfolgte durchschnittlich 30 Monate nach dem Eingriff. Im Rahmen der klinischen Untersuchung war bei 17 der 21 operierten Gelenke (81%), sowie bei allen kontralateralen, keine Lahmheit oder andersartige Abweichung des physiologischen Gangbildes erkennbar. Hingegen fiel bei einer Gliedmaße eine undeutlich geringgradige, und bei drei von 21 Gelenken (14,3%) eine deutlich geringgradige Lahmheit auf. Das Schubladenphänomen ließ sich bei 14 der 21 operierten Gelenke auslösen (66,7%), wobei der Tibia-Kompressionstest bei allen Kniegelenken als negativ befundet wurde. Bei drei Gliedmaßen konnte eine durchschnittliche Muskelatrophie von 0,14cm im Vergleich zur kontralateralen Seite gemessen werden und ein Gelenk erschien bei maximaler Extension schmerzhaft zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung. Die computergestützte Ganganalyse konnte nur an einem der 21 operierten Gliedmaßen eine Lahmheit mithilfe des vertikalen Impulses und des Symmetrieindexes detektieren. Zwei weitere Lahmheiten wurden an der jeweils nicht operierten Gliedmaße erkannt (9,5%). Meniskusläsionen wurden bei drei der 21 Kniegelenke (14,3%) intraoperativ als solche erkannt und durch eine partielle mediale Meniskektomie therapiert. Bei allen drei arthrotomierten Kniegelenken konnte ein vollständiger vorderer Kreuzbandriss bestätigt werden. Bei der röntgenologischen Untersuchung \geq sechs Monate postoperationem zeigte sich bei 15 von 21 Kniegelenken (71,4%) eine geringgradig bis mittelgradig vermehrte Kniegelenksfüllung, welche bei 17 von 21 Kniegelenken (81%) präoperativ als mittelgradig erfasst wurde. Der Bereich des *Lig. patellae* wurde auf allen Röntgenbildern, wie auch präoperativ, als unauffällig befundet (**Abb.21**). Der Osteoarthroseindex hingegen verschlechterte sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes um $0,6 \pm 0,52$ Punkte. Dieser Wert ist gleichbedeutend mit einer geringgradigen Arthrose. Von den zur Verfügung stehenden 21 Besitzerfragebögen wurde das Ergebnis durchschnittlich mit „sehr gut“ bewertet (Note $1,29 \pm 0,46$; „sehr gut“ (15), „gut“ (6)). Darüber hinaus konnte eine geringgradige Belastung durchschnittlich bereits nach drei Tagen und eine vollständige Belastung durchschnittlich schon nach 27 Tagen durch die Patientenbesitzer festgestellt werden.

3. Ergebnisse der Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung (KFR und FD)

Insgesamt konnten 15 Patienten mit 17 Kniegelenken \geq sechs Monate nach der Operation untersucht werden. Das Ergebnis von vier weiteren Gelenken wurde mit Hilfe des Fragebogens kontrolliert und die Daten von den verbleibenden drei Kniegelenken konnten abschließend nicht erhoben werden. Die Abschlussuntersuchung erfolgte durchschnittlich nach neun Monaten. Bei der klinischen Untersuchung wurden lediglich vier Gelenke (23,5%) als lahmheitsfrei angesehen, jedoch hatte sich der durchschnittliche subjektive Lahmheitsgrad von Grad III vor der Operation auf Grad I $>$ sechs Monate nach dem Eingriff verbessert. Bei sieben der 17 Gelenke (41,2%) noch eine undeutlich geringgradige (Grad I) und bei drei von 17 Kniegelenken (17,6%) noch eine deutlich geringgradige Lahmheit (Grad II) erkennbar. Eine mittelgradige Gangbildabweichung (Grad III) zeigte sich noch bei drei der 17 untersuchten Gliedmaßen (17,6%). Eine kraniokaudale Instabilität im Sinne eines Schubladenphänomens ließ sich bei 15 der 17 Gelenke (88,2%) auslösen, wohingegen der Tibia-Kompressionstest bei nur einem Kniegelenk als positiv bewertet wurde. Die durchschnittliche Muskelatrophie war von $0,7 \pm 1\text{cm}$ auf $0,56 \pm 0,88\text{cm}$ zurückgegangen und keines der Gelenke war bei der Abschlussuntersuchung schmerzhaft. Im Rahmen der objektiven Gangbildanalyse wurden fünf von 17 operierten Gliedmaßen (29,4%) als lahmheitsfrei eingestuft. Eine vollständige vordere Kreuzbandruptur wurde bei 20 der 24 (83,3%) ursprünglich operierten Kniegelenke intraoperativ diagnostiziert. Eine gleichermaßen erkennbare mediale Meniskusläsion zeigte sich bei 22 der 24 inkludierten Gelenke (91,7%) und wurde mit einer partiellen Meniskektomie des medialen Hinterhorns therapiert. Röntgenologisch zeigte sich bei allen Patienten eine Weichteilschwellung im Bereich des *Lig. patellae* verglichen mit den präoperativen Röntgenbildern (**Abb. 22**). Die vermehrte Gelenkfüllung war unverändert zu der präoperativen Situation und der Arthroseindex verschlechterte sich bis zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung durchschnittlich um $0,64 \pm 0,73$ Punkte. Auch dieser Wert entsprach einer geringgradigen Osteoarthrosezunahme. Das durchschnittliche Ergebnis der 21 verfügbaren Fragebögen war „gut“ (Note: $1,67 \pm 0,97$; „sehr gut“ (13); „gut“ (3); „befriedigend“ (4), „unbefriedigend“ (1)). Vier Besitzerfragebögen von Hunden, die nicht zur abschließenden Untersuchung kommen konnten wurden einheitlich mit „gut“ bewertet. Des Weiteren zeigten die Patienten durchschnittlich $12,1 \pm 13,8$ Tage nach dem Eingriff eine geringgradige und nach 48,4 Tagen eine vollständige Belastung. Zusammenfassend sind die erhobenen Daten in **Tabelle 10**

dargestellt.

Tabelle 10: Vergleichende Darstellung der postoperativen klinischen, röntgenologischen und ganganalytischen Untersuchungsergebnisse zum Zeitpunkt der jeweiligen Abschlussuntersuchung.

Kriterium/Operationstechnik	KFR und FD (n = 17 Gelenke)	TPLO (n = 21 Gelenke)
Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung (Ø in Monaten postop)	9	30
Keine Lahmheit (subjektiv in %)	23,5	81
Keine Lahmheit (objektiv in %)	29,4	95,3
Ø Lahmheitsgrad	I	0
Zunahme des Arthroseindex	0,64 ± 0,73	0,60 ± 0,52
Gelenkfüllung (röntgenologisch)	geringgradig	gering-mittelgradig
Auslösbares Schubladenphänomen (in %)	88,2	66,7
Positiver Tibia-Kompressionstest (in %)	5,9	0
Schmerzhaftigkeit	0	1
Partielle Belastung postop (in Tagen)	12,1 ± 13,8	3,1 ± 3,7
Vollständige Belastung postop (in Tagen)	48,4 ± 38,4	26,8 ± 37,7
	1,67 ± 0,97	1,29 ± 0,46
Besitzerzufriedenheit (Note)	(„gut“)	(„sehr gut“)

4. Vergleich der Ergebnisse beider Operationsmethoden

Die Patienten der TPLO Gruppe hatten eine signifikant geringere Muskelatrophie als diejenigen der KFR und FD Gruppe zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung. Darüber hinaus zeigten die dynamisch stabilisierten Kniegelenke signifikant seltener subjektiv wie auch objektiv bewertete Lahmheiten und hatten eine deutlich kürzere Rekonvaleszenzzeit. Hinsichtlich der Auslösbarkeit des Schubladenphänomens und des Tibia-Kompressionstests, der Gelenkfüllung und der Besitzerzufriedenheit erzielte die TPLO zwar tendenziell bessere Ergebnisse, diese waren jedoch statistisch nicht signifikant. Sowohl das Maß an postoperativer Krepitation bei Manipulation des Kniegelenks, als auch die Progression der Arthrose waren bei beiden Techniken vergleichbar. Es kam sowohl bei der TPLO, als auch bei der KFR und FD zu einer geringgradigen, jedoch stetigen Zunahme degenerativer Veränderungen. Zur besseren Übersicht des Einflusses des Operationsverfahrens auf das Ergebnis des jeweiligen Untersuchungsparameters sind diese in **Tabelle 11** dargestellt.

Tabelle 11: Vergleichende Darstellung der TPLO und der KFR und FD unter Einbeziehung aller Untersuchungsmethoden, der Signifikanz und der Effektgrößen.

Kriterium	Wert	Signifikanz	Effektgröße	Bevorzugte Technik
Muskelatrophie	p = 0,026	Ja	0,39	TPLO
Schubladenphänomen	p = 0,244	Nein	0,27	TPLO
Tibia-Kompressionstest	p = 0,447	Nein	0,18	TPLO
Krepitation	p = 0,236	Nein	0,26	TPLO = KFR und FD
Bewegungsumfang	p = 0,101	Nein	0,31	KFR und FD
Gelenkfüllung	p = 0,261	Nein	0,17	TPLO
Schwellung des Ligamentum patellae	p = 0,014	Ja	0,49	TPLO
Arthroseprogression	p = 0,854	Nein	0,18	TPLO = KFR und FD
Subjektive Lahmheit	p < 0,005	Ja	0,63	TPLO
Objektive Lahmheit	p = 0,025	Ja	0,47	TPLO
Rekonvaleszenz	p < 0,002	Ja	0,57	TPLO
Besitzerzufriedenheit	p > 0,05	Nein	0,38	TPLO



Abbildung 21: Röntgenologische Darstellung eines Kniegelenks vor (links), 6 Wochen nach (Mitte) und > 6 Monate nach einer TPLO (rechts). Auffällig ist die geringgradige Progression der Osteoarthritis, besonders im Bereich der *Trochlea ossis femoris* und die mittelgradige Progression im Bereich des kaudalen Tibiaplateaus

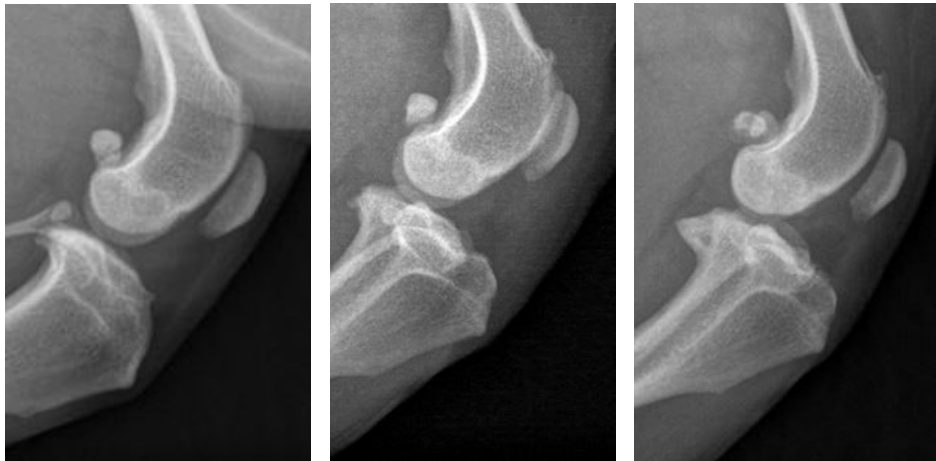


Abbildung 22: Röntgenologische Darstellung eines linken Kniegelenks eines Hundes vor (links), 6 Wochen nach (Mitte) und > 6 Monate nach einer KFR und FD (rechts). Auffällig sind eine mittelgradige Progression der Osteoarthrose im Bereich des kaudalen Tibiaplateaus und die Weichteilschwellung im Bereich des *Lig. patellae*, insbesondere 6 Wochen nach dem Eingriff

V. DISKUSSION

Die Tibial Plateau Leveling Osteotomie (TPLO) ist eines der am häufigsten eingesetzten operativen Verfahren zur Therapie der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund (LEIGHTON, 1999; COMERFORD et al., 2013). In der Vergangenheit wurde es primär bei mittelgroßen bis großen Rassen eingesetzt (LAZAR et al., 2005; BÖDDEKER et al., 2012; NELSON et al., 2013), da sich bei kleinen Hunderassen nach subjektiven Beurteilungskriterien ebenfalls zufriedenstellende Ergebnisse mit weniger aufwendigen und weniger invasiven Techniken erzielen lassen (TIMMERMAN et al., 1996; ALLGOEWER et al., 2000; ALT, 2000). Bisher gibt es nur wenige Berichte über die Anwendung der TPLO bei kleinen Hunden (MATIS, 2010; VEZZONI, 2010), obwohl Umfragen zeigen, dass diese Technik auch bei leichteren Patienten immer häufiger angewendet wird (LEIGHTON, 1999; COMERFORD et al., 2013).

In Anlehnung an die Untersuchungsergebnisse der genannten Umfragen war es Ziel der vorliegenden Studie, das subjektive und objektive Ergebnis von zwei chirurgischen Verfahren (TPLO/KFR und FD) zur Stabilisierung des Kniegelenks nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei kleinen Hunden < 15kg Körpergewicht zu ermitteln und miteinander zu vergleichen.

Bei der Ruptur des vorderen Kreuzbandes beim Hund zeigen Studien, dass gerade hinsichtlich der Prävalenz bei manchen Rassen von einer Prädisposition ausgegangen werden kann, auch wenn ein genetischer Locus noch nicht genauer spezifiziert werden konnte. Studien zu dieser Erkrankung und der Therapie zeigen, dass große Rassen wie Neufundländer, Mastiffs, Berner Sennenhunde und andere Großrassen, wie auch Mischlinge häufig betroffen sind (DUVAL et al., 1999; IMHOLT et al., 2011). In der vorliegenden Studie bildeten Mischlinge, wie auch in den Untersuchungen von NELSON et al. (2013), AU et al. (2010) und THOMPSON et al. (2011), die größte Patientengruppe. Weiterhin wird anhand epidemiologischer Daten propagiert, dass der vordere Kreuzbandriss bei kleinwüchsigen Hunderassen tendenziell später auftritt (VASSEUR et al., 1991; WHITEHAIR&VASSEUR, 1993), als bei großen. Diese Untersuchungsergebnisse lassen sich im Rahmen eigens erhobener Patientendaten bestätigen. Das durchschnittliche Alter lag mit $9,9 \pm 3,2$ Jahren in der extraartikulären Gruppe und mit $7,0 \pm 2,5$ Jahren in der TPLO-Gruppe deutlich über dem Altersdurchschnitt der Erstvorstellung von großen Hunderassen in anderen Studien (GATINEAU et al., 2011; IMHOLT et al., 2011; THOMPSON et al., 2011). Auffallend bei einer Untersuchung von VASSEUR et al. (1985) bezüglich dieser Gegebenheit war, dass die mechanischen Eigenschaften wie die Elastizität und die maximale Belastungsfähigkeit, aber auch der histologische Aufbau der vorderen Kreuzbänder kleiner Hunderassen deutlich länger Erhalten bleibt, als bei großwüchsigen Hunderassen. Auch wenn keine vergleichenden Untersuchungen zu den vorderen Kreuzbändern wie diejenigen von VASSEUR et al. (1985) bei den Patienten der eigenen Studie durchgeführt wurden, könnten deren Erkenntnisse das höhere Durchschnittsalter der Patienten der eigenen Untersuchungen im Vergleich zum Durchschnittsalter großwüchsiger Hunderassen (GATINEAU et al., 2011; IMHOLT et al., 2011; THOMPSON et al., 2011) erklären. Auch die Annahme einer ätiopathogenetischen Verbindung zwischen geschlechtshormonalem Einfluss, bei männlichen, wie auch weiblichen Tieren, und der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund lässt sich in Anbetracht der Patienten der eigenen Studie unterstützen. So waren 10 der 15 männlichen und 14 der 20 weiblichen Patienten in dieser Untersuchung kastriert. Zu vergleichbaren, teilweise auch deutlicheren, geschlechtsspezifischen Verteilungen kamen auch andere Autoren (WHITEHAIR&VASSEUR, 1993; GATINEAU et al., 2011; THOMPSON et al., 2011), die jedoch keine gewichtsspezifische Geschlechtsverteilung berücksichtigten.

In den präoperativen Untersuchungen zeigte sich in der vorliegenden Arbeit ein durchschnittlicher Lahmheitsgrad III bei Patienten der extraartikulären Patientengruppe. Dieser Wert entspricht einer mittelgradigen Gangbildabweichung und bestätigt damit die in der Literatur beschriebenen klinischen Untersuchungsbefunde bei Hunden mit vorderem Kreuzbandriss (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Der Schubladentest, welcher als einer der bedeutendsten klinischen Untersuchungsverfahren gilt (TOBIAS&JOHNSTON, 2011), war bei den in die eigenen Untersuchungen involvierten Patienten durchschnittlich mittelgradig positiv und stellte damit, wie auch von PAATSAMA (1952) und TOBIAS und JOHNSTON beschrieben, einen wichtigen Test bei der klinischen Untersuchung dar. CAROBBI und NESS (2009) verglichen die Aussagekraft des Ergebnisses des Tibiakompressionstests zur Diagnosestellung eines vorderen Kreuzbandrisses bei sedierten und nicht-sedierten Hunden einer gemischten Patientenpopulation. Sie stellten fest, dass dieser Test bei nicht-sedierten, Hunden eine erstaunlich geringe Sensitivität und Spezifität hat. Bei 83,3% der Patienten der TPLO-Gruppe und bei 89,5% der extraartikulären Patientengruppe war der Tibiakompressionstest (HENDERSON&MILTON, 1978) bei nicht sedierten Tieren positiv. Daher stellte sich diese Untersuchungsmethode, anders als bei CAROBBI und NESS (2009), als wichtiger sensibler und spezifischer Test im Rahmen der präoperativen klinischen Untersuchung heraus. Ein Grund für die unterschiedliche Genauigkeit und Aussagekraft des Tests könnte das verschiedene Patientengut sein. Bezüglich der genannten manipulativen Tests für den klinischen Nachweis der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund fanden MIGHT et al. (2013) heraus, dass der Untersucher von der Kombination dieser Tests nicht profitiert, da die Sensitivität und Spezifität nicht erhöht werden können. Der Schubladentest hatte nach den Untersuchungen von MIGHT et al. (2013) eine Sensitivität von 69% bezogen auf die Identifizierung eines vorderen Kreuzbandrisses und von 97% bezogen auf die Identifizierung eines intakten Kreuzbandes. Diese Ergebnisse bekräftigen die Empfehlung der Literatur (TOBIAS&JOHNSTON, 2011), weitere Untersuchungsverfahren zur Diagnosestellung heranzuziehen, da durch die Chronizität der Erkrankung eine Gelenkkapsel- und periartikuläre Fibrose zu einem gewissen Maße Stabilität bietet. Obwohl die manipulativen Tests in den eigenen präoperativen Untersuchungen zur Diagnosestellung der vorderen Kreuzbandruptur eine zufriedenstellende Sensitivität hatten erscheint es dennoch notwendig, zusätzliche Untersuchungsverfahren hinzu zu ziehen, um das Testergebnis weiter zu verbessern. Die Patienten

der vorliegenden Arbeit hatten durchschnittlich eine deutlich mittelgradige Lahmheit und geringgradige osteoarthrotischen Veränderungen bei den präoperativen Untersuchungen. Dies könnte hinweisend auf ein akutes oder subakutes Krankheitsgeschehen sein und könnte somit, aufgrund der sehr geringen Sekundärveränderungen des periartikulären Gewebes, die Sensitivität der Tests im Vergleich zu den Untersuchungen von MIGHT et al. (2013) und CAROBBi und NESS (2009) gesteigert haben. Ob manipulative Test bei kleinen Hunderassen eine höhere Sensitivität und Spezifität aufweisen, bedarf jedoch weiterer Untersuchungen. Der durchschnittliche präoperative Osteoarthroseindex war in beiden Patientengruppen vergleichbar niedrig (Gruppe TPLO = $1,60 \pm 0,60$; Gruppe KFR und FD = $1,54 \pm 0,71$) und entsprach einer geringgradigen Osteoarthrose. In einer Untersuchung von FRANCIS et al. (2006) konnte mithilfe einer Röntgenstrahlungsabsorptiometrie die Knochendichteveränderung bei mittelgroßen Mischlingshunden nach Durchtrennung und Stabilisierung des vorderen Kreuzbandes dargestellt werden. Ein deutlicher Unterschied war bereits innerhalb der ersten acht Wochen zu erkennen. Auch wenn sich der genaue Zeitpunkt des Eintretens der Insuffizienz eines vorderen Kreuzbandes nicht genau bestimmen lässt, kann unter Berücksichtigung der Untersuchungen von FRANCIS et al. (2006) angenommen werden, dass es sich bei den Hunden der vorliegenden Studie um einige Wochen bestehende Instabilitäten handelte, womit sich auch die gute Beurteilung der manipulativen Tests bei der klinischen Untersuchung erklären ließe.

Meniskusläsionen sind eine häufige sekundäre Begleiterscheinung der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund und treten Studienabhängig in 33,2% – 77% der Fälle auf. Bei den Patienten der TPLO-Gruppe kann aufgrund des retrospektiven Evaluierungsverfahrens und des zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Untersuchungsablaufes und der Therapie keine Aussage getroffen werden. Bis 2011 wurde keine weitere Diagnostik (Arthroskopie, MRT, Sonographie, Arthrotomie) bezüglich der Menisken durchgeführt und die Kniegelenke wurden routinemäßig nicht eröffnet. In der Gruppe der extraartikulär versorgten Patienten konnte mithilfe einer Arthrotomie bei 22 der ursprünglich operierten 24 Kniegelenke (91,7%) eine Meniskusläsion am Hinterhorn des medialen Meniskus festgestellt werden. Da bei 20 der 24 Gelenke eine vollständige Kreuzbandruptur vorlag, bestand in zwei Fällen eine Meniskusläsion im Zusammenhang mit einem partiellen vKBR. Diese Zahl ist sogar noch höher, als in anderen Untersuchungen

(WILLIAMS et al., 1994; RALPHS&WHITNEY, 2002; CASALE&MCCARTHY, 2009) beschrieben. Ein Grund dafür könnte, anders als im zuvor genannten Diskussionspunkt, ein längeres Bestehen der Instabilität sein, da mit jeder Woche die Wahrscheinlichkeit einer Meniskusverletzung bei insuffizientem vorderen Kreuzband um 2,6% steigt (HAYES et al., 2010). Dies erscheint zwar unwahrscheinlich, kann jedoch nicht ausgeschlossen werden. Auch wenn die präoperative Lahmheitsdauer das Lahmheitsergebnis potenziell beeinflussen kann (HAYES et al., 2010), war es bereits in mehreren Arbeiten nicht möglich, einen Einfluss der präoperativen Lahmheitsdauer auf das langfristige Behandlungsergebnis festzustellen (BOYD et al., 2007; IMHOLT et al., 2011). Aufgrund der retrospektiven Datenerhebung und der nicht erfolgten Diagnostik bei den Patienten der TPLO-Gruppe, kann ein Zusammenhang zwischen vollständiger bzw. partieller vorderer Kreuzbandruptur und einer eventuellen Meniskusläsion nicht hergestellt werden.

Bei der klinischen Untersuchung, die im Durchschnitt neun Monate nach der Stabilisierung bei 15 Patienten und 17 Kniegelenke durchgeführt werden konnte, waren vier Gelenke (23,5%) der KFR und FD-Gruppe subjektiv lahmheitsfrei. Zudem war bei 15 der 17 Kniegelenke (88,2%) noch ein Schubladenphänomen auslösbar. Diese Befunde sind höher, als in anderen Untersuchungen, die die gleiche oder eine ähnliche Technik für teilweise sogar große Hunderassen verwendeten (TIMMERMAN et al., 1996; ALT, 2000; BÖDDEKER et al., 2012). So waren in einer vergleichbaren Untersuchung von TIMMERMAN et al. (1996) 76,6% der mit einer derartigen Operationsmethode versorgten Patienten nach sechs Monaten subjektiv lahmheitsfrei. Warum ein teilweise so deutlicher Unterschied festgestellt wurde ist unklar. Auch wenn dazu in der Vergleichsstudie (TIMMERMAN et al., 1996) keine genauen Daten vorliegen, ist dennoch zu berücksichtigen, dass der hohe Anteil an Meniskusläsionen (91,7%) in der vorliegenden Arbeit einen Einfluss auf das Gesamtergebnis gehabt haben könnte. Die hohe Anzahl an Lahmheiten und positiven Schubladentests steht zudem möglicherweise in einem Zusammenhang. Einen Grund hierfür könnte die geringere Ausbildung einer Gelenkkapselfibrose bei kleinen Hunden oder das verwendete Nahtmaterial liefern. Die Stabilität des verwendeten Nahtmaterials Polyglactine 910 verringert sich bereits nach 14-21 Tagen um 50% (TOBIAS&JOHNSTON, 2011). Somit ist es denkbar, dass das Erreichen der Sekundärstabilität einen län-

geren Zeitraum benötigt, als Primärstabilität durch das Nahtmaterial gewährleistet wird. ANDO et al. (2012) zeigten in einem Versuch mit Ratten, dass bereits eine Woche nach Immobilisation eines Gelenks Veränderungen der Gelenkkapsel, wenn auch ohne Einschränkungen des Bewegungsumfangs, nachweisbar sind. Nach vier, acht und 16 Wochen waren die Veränderungen der Gelenkkapsel bereits so deutlich, dass sie mit einer Bewegungsrestriktion des entsprechenden Gelenks einher gingen. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Immobilisation eines Gelenks bereits nach vier Wochen zu deutlichen Veränderungen an der Gelenkkapsel und zu irreversiblen Bewegungseinschränkungen führt. Bei der Interpretation dieser Erkenntnisse sollte die unterschiedliche taxonomische Ordnung der Tiere berücksichtigt werden. Dem gegenüber steht, dass bei den Untersuchungen von TIMMERMANN et al. (1996) und ALT (2000) gleiches Nahtmaterial verwendet wurde. Eine eventuell unzureichende Primärstabilisierung könnte weiterhin die Befunde des Tibiakompressionstests bei der Abschlussuntersuchung erklären. Hier zeigte sich lediglich bei einem Kniegelenk ein positiver Test (5,9%). Wenn die Primärstabilisierung früher nachgelassen hätte, als die Gelenkkapselfibrose sich ausbilden konnte, hätte dies zu einer permanenten kranialen Subluxationsstellung der *Tibia* relativ zum *Femur* geführt. Die sich im weiteren Verlauf ausbildende Gelenkkapselfibrose könnte so *Tibia* und *Femur* in diesem positionellen Verhältnis zueinander stabilisiert haben, was dann zu einem negativen Befund des Tibiakompressionstest bei der Abschlussuntersuchung geführt haben könnte. Des Weiteren zeigten die Patienten der extraartikulären Gruppe auch nach sechs Monaten noch eine geringgradige Muskelatrophie im Vergleich zur kontralateralen Seite auf. Diese war zwar geringer als die präoperative, erscheint jedoch grundsätzlich zu hoch. Dieses Ergebnis unterstützt daher den Befund der hohen Anzahl an Lahmheiten. Auch wenn die vier Kniegelenke, welche nur mittels Fragebogen kontrolliert werden konnten, einheitlich als „gut“ hinsichtlich des Gesamtergebnisses bewertet wurden, kann keine Aussage über die reelle Funktionalität dieser betroffenen Gliedmaßen getroffen werden.

In der Gruppe der Patienten, die eine TPLO erhalten hatten, zeigten 17 der 21 operierten Gliedmaßen keine subjektiv wahrnehmbare Lahmheit (81%). Die verbleibenden 19% zeigten eine undeutlich geringgradige (4,7%) oder eine deutlich geringgradige (14,3%) Lahmheit. Diese Werte entsprechen etwa den in der Literatur angegebenen, bei denen diese Methode in über 90% der Fälle sehr gute klini-

sche und ganganalytische Ergebnisse erzielt (SLOCUM&SLOCUM, 1993; CHRISTOPHER et al., 2013), (DEMEIDEIROS et al., 2011; NELSON et al., 2013). Der Schubladentest war zwar auch bei 14 der 21 operierten Gelenke (66,7%) positiv, stellt jedoch bei dynamischen Stabilisierungsverfahren keinen repräsentativen Parameter hinsichtlich der Stabilität dar. Der aussagekräftigere Tibiakompressionstest hingegen war, als Simulation der vertikalen Kraftübertragung, bei allen Kniegelenken negativ. Eine durchschnittlich sehr geringe Muskelatrophie war bei den Patienten der TPLO Gruppe nachweisbar. AU et al. (2010) verglichen den Oberschenkelmuskelumfang von Hunden mit einem vorderen Kreuzbandriss sechs Monate nach operativer Versorgung mit einer TPLO oder einer lateralen Fadenzügelung und konnten einen Symmetrieindex von 98% bei TPLO operierten und von 99% bei extraartikulär operierten Patienten feststellen. Da der postoperative Zeitraum vergleichbar mit demjenigen der vorliegenden Untersuchung ist, könnte die andersartige extraartikuläre Technik, das andere Material oder beides Grund für diesen Unterschied sein. Auch wenn das Ergebnis der Messung der Oberschenkelmuskelatrophie die anderen klinischen Untersuchungsergebnisse zu unterstützen scheint, sollte bei der vergleichenden Bewertung berücksichtigt werden, dass eine solche manuelle Messung ein fehleranfälliges Verfahren ist. Zudem sollte stets der unterschiedliche Untersuchungszeitraum zwischen den Gruppen beachtet werden. Bei den Patienten der TPLO Gruppe waren zudem deutlich mehr Hunde bilateral (TPLO- Gruppe = 8; KFR und FD-Gruppe = 2) betroffen. Bei einem Vergleich des Oberschenkelumfangs zur kontralateralen Seite, kann bei unvollständiger Rehabilitation eine Muskelatrophie der zuletzt operierten Gliedmaße nicht erkannt werden. FISCHER et al. (2010) untersuchten die Isometrie verschiedener Verankerungspunkte extraartikulärer Stabilisierungsverfahren und stellten fest, dass eine solche bei keinem der Punkte nachweisbar war. Dieses Resultat könnte ein erklärender Ansatz für die eigenen klinischen Untersuchungsergebnisse sein, da eine fehlende Isometrie extraartikulär befestigter Implantate immer auch ein bestimmtes Maß an Instabilität mit sich bringt.

Die Zufriedenheit der Besitzer ist, neben den bereits erörterten Evaluierungsmethoden hinsichtlich des Erfolgs eines operativen Eingriffs, eine sehr wichtige, da diese die Patienten zu verschiedenen Tageszeiten und zu verschiedenen Aktivitätsphasen bewerten, obwohl die Ergebnisse der Beurteilung nicht direkt mit denjenigen eines Veterinärchirurgen vergleichbar sind (INNES&BARR, 1998). Alle

21 ausgehändigten Fragebögen der TPLO-Gruppe standen der Auswertung zur Verfügung. Die Ergebnisse wurden überwiegend ($n = 15$) mit „sehr gut“ bewertet. Eine geringe Belastung der operierten Gliedmaßen fiel den Besitzern im Durchschnitt nach drei Tagen, und eine vollständige nach 26 Tagen auf. Diese Ergebnisse entsprechen den in der Literatur beschriebenen (SLOCUM&SLOCUM, 1993; BOYD et al., 2007; COOK et al., 2010; VEZZONI, 2010; BÖDDEKER et al., 2012; CHRISTOPHER et al., 2013; GORDON-EVANS et al., 2013; NELSON et al., 2013), bei denen gezeigt werden konnte, dass diese Umstellungsosteotomie, besonders jedoch bei großen Hunden, eine insgesamt sehr kurze und auch kürzere Rehabilitationszeit als extraartikuläre Techniken hat. Die dynamische Stabilisierung scheint eine sehr frühzeitige Belastung zuzulassen (BÖDDEKER et al., 2012; NELSON et al., 2013), obwohl die physiologischen Kontaktmechanismen auch mit dieser Technik nicht wieder hergestellt werden (KIM et al., 2009). Bei den Patienten der KFR und FD lagen ebenfalls 21 Fragebögen vor. Das Gesamtergebnis wurde hier mit der Note $1,67 \pm 0,97$ als „gut“ bewertet, obwohl die Mehrzahl der Patienten eine Lahmheit hatten. Grund dafür könnte die Verbesserung der Lahmheit von durchschnittlich Grad III vor der Operation zu Grad I bei der Abschlussuntersuchung sein. Hunde, die mit dem Ergebnis „gut“ bewertet wurden, zeigten nach Angaben des Besitzers unter normalen Belastungen keine Lahmheit. Die etwas spätere geringgradige und vollständige Belastung der extraartikulär operierten Patienten entspricht den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren (BÖDDEKER et al., 2012; NELSON et al., 2013).

Die ganganalytische Untersuchung ist aufgrund ihrer Zuverlässigkeit, Reproduzierbarkeit und Sensitivität (BALLAGAS et al., 2004; SANCHEZ-BUSTINDUY et al., 2010) nahezu unverzichtbar in Veterinärorthopädie geworden. Die kinetische Datenauswertung konnte nur bei einer der 21 operierten Gliedmaßen (4,7%) der retrospektiv beurteilten Patientengruppe eine Lahmheit detektieren. Zwei weitere Lahmheiten wurden auf der kontralateralen Seite (nicht operiert) festgestellt. Auch hier zeigt sich, wie WAXMAN et al. (2008) bereits beschrieben, dass die subjektive Lahmheitsbeurteilung schlecht mit der objektiven korreliert. Bei den Hunden, die eine KFR und FD erhalten hatten, zeigte sich bei 12 von 17 Gelenken noch eine Lahmheit (70,6%). Da bei der subjektiven Lahmheitsbeurteilung 76,5% der Gelenke als lahm beurteilt wurden, unterstützt die objektive Gangbeurteilung die Ergebnisse der subjektiven und bestätigt die insgesamt unterschiedlichen Er-

gebnisse zwischen der vorliegenden Arbeit und denjenigen von TIMMERMANN et al. (1996), sodass das Ergebnis der Lahmheit nicht nur auf den Untersucher zurückzuführen ist. Auch bei der Ganganalyse sollten, wie auch bei der klinischen Untersuchung, die sehr unterschiedlichen Kontrollzeitpunkte zwischen den Probandengruppen berücksichtigt werden, da eine sich weiter verstärkende Gelenkkapselfibrose zu einem späteren Kontrollzeitpunkt auch zu weniger subjektiven, vielleicht sogar objektiven Lahmheiten führen könnte. Das Gesamtergebnis könnte somit noch besser für die KFR und FD-Gruppe ausfallen.

Bei der röntgenologischen Untersuchung fiel bei der extraartikulären Gruppe auf, dass alle Patienten eine Weichteilschwellung im Bereich des *Lig. patellae* in der mediolateralen Projektion im Vergleich zu präoperativen Werten hatten. Diese Zunahme könnte die Folge einer durch die Fadenführung verursachte Tendinitis sein. Aufschluss darüber hätte eine sonographische Untersuchung geben können. Diese wurde jedoch nicht durchgeführt, da keines der untersuchten Kniegelenke schmerzhaft war. Zudem wäre bei einem solchen entzündlichen Prozess ein Rückgang der Schwellung nach Wegfallen des Reizes bzw. nach Resorption des Fadenmaterials zu erwarten gewesen. Wahrscheinlicher hingegen ist eine durch die Operationstechnik bedingte scheinbare Dickenzunahme der Kniescheibenbänder. Nach der Fadenplatzierung wurde die *Fascia lata et genu* so übereinander vernäht, dass mehr Fasziengewebe kranial des Bandes positioniert war und folgend röntgenologisch nicht mehr von den *Ligg. patellae* differenziert werden konnte. Des Weiteren zeigte sich über den Untersuchungszeitraum bei beiden Operationsmethoden eine geringgradige, jedoch stetige Progression der Osteoarthrose ohne signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Diese Feststellung gleicht zahlreichen anderen Untersuchungen, von denen keine bisher einen langzeitigen Stillstand der Arthrose aufzeigen konnte. Sowohl AU et al. (2010) stellten, wie auch BOYD et al. (2007), RAYWARD et al. (2004), VASSEUR und BERRY (1992) und ELKINS et al. (1991) ein signifikantes Fortschreiten der Osteoarthrose fest, auch wenn dieses, wie auch in der vorliegenden Arbeit, nicht mit dem funktionellen Ergebnis korreliert (BOYD et al., 2007). In einem Vergleich hinsichtlich dessen zwischen der TPLO Methode und einer extraartikulären Fadenzügelung stellten LAZAR et al. (2005) fest, dass Patienten mit höheren Osteoarthrosewerten 5,78 fach wahrscheinlicher die laterale Fadenzügeltechnik, als die TPLO erhalten hatten. In einer vergleichbaren Untersuchung

von AU et al. (2010) konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen einer lateralen Fadenzügeltechnik und der TPLO Methode hinsichtlich der Arthroseprogression bis zu 24 Monate nach dem jeweiligen Eingriff festgestellt werden. Diese Ergebnisse unterstützen die Befunde der vorliegenden Studie, bei der ebenfalls kein signifikanter Unterschied diesbezüglich zwischen den Gruppen erkennbar war. Wie bei den zuvor genannten Untersuchungsergebnissen ist es auch bei der Beurteilung der Osteoarthrose unerlässlich, die unterschiedlichen Kontrollzeitpunkte und Meniskusläsionen der untersuchten Gruppen zu berücksichtigen. BRAHM und MATIS (2004) propagierten, dass der Faktor Zeit einer der wichtigsten bei der Bewertung und Entwicklung von Gonarthrosen und Gonotrochlosen ist. Da die Gruppen zu sehr unterschiedlichen Zeiten nach der jeweiligen Operation kontrolliert wurden, ist es demnach möglich, dass die Gruppe mit den dynamisch stabilisierten Hunden einen geringeren Arthroseindex bei vergleichbaren Kontrollzeiten aufweisen würde.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Ergebnis von zwei Operationstechniken zur Behandlung des vorderen Kreuzbandrisses bei Hunden unter 15 kg Körpergewicht vergleichend evaluiert. Die Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) und die extraartikuläre Kapselfaszienraffung und Fasziendopplung (KFR und FD) wurden durch eine klinisch-orthopädische Untersuchung, eine ganganalytische Datenerhebung, eine röntgenologische Untersuchung und eines von Besitzern ausgefüllten Fragebogens \geq sechs Monate nach dem jeweiligen Eingriff überprüft. Die TPLO-Gruppe, bestehend aus 13 Patienten mit 21 versorgten Kniegelenken, wurde retrospektiv untersucht, wohingegen die extraartikuläre Patientengruppe, bestehend aus 22 Patienten mit 24 chirurgisch versorgten Kniegelenken, prospektiv evaluiert wurde. Der überwiegende Teil der Patienten der KFR und FD Gruppe (91,7%) wies eine Meniskusläsion, wobei eine solche nur bei 14,3% der TPLO Patienten nachgewiesen werden konnte.

Im Rahmen der klinischen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass Patienten der TPLO-Gruppe signifikant seltener eine Lahmheit zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung zeigten. Die übrigen gängigen Untersuchungsparameter einer klinisch-orthopädischen Untersuchung zeigten keine signifikanten Unterschiede. Bei der computergestützten Ganganalyse, bei welcher kinetische Daten der betroffenen Gliedmaße vergleichend zur kontralateralen erhoben und ausgewertet wurden, zeigte sich ebenfalls, dass Patienten mit einer TPLO signifikant seltener lahmten. Einschränkend muss festgehalten werden, dass die Patienten mit der KFR und FD deutlich früher nachuntersucht wurden, als solche mit einer TPLO. Röntgenologisch konnte bei beiden Operationstechniken ein geringgradiges, jedoch stetiges Fortschreiten osteoarthrotischer Veränderungen, ohne signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen, nachgewiesen werden. Die Patientenbesitzer gaben bei der Befragung an, dass die Umstellungsosteotomie zu einer signifikant verkürzten Rekonvaleszenz führt. Nichtsdestotrotz konnte kein statistisch signifikanter Unterschied hinsichtlich der Besitzerzufriedenheit festgestellt werden.

Zusammenfassend konnte, unter Berücksichtigung aller verwendeten Untersuchungsverfahren und der unterschiedlichen Kontrollzeitpunkte, in der vorliegenden Untersuchung festgestellt werden, dass Hunde unter 15 kg Körpergewicht und einer vorderen Kreuzbandruptur mithilfe der TPLO ein besseres klinisches und ganganalytisches Ergebnis als Patienten mit einer KFR und FD erzielten. Aufgrund der dennoch hohen Besitzerzufriedenheit sollte die extraartikuläre Methode als ein weniger invasives Verfahren Berücksichtigung bei der Therapie der vorderen Kreuzbandruptur bei kleinwüchsigen Hunderassen finden.

VII. SUMMARY

The objective of the present study was to evaluate the outcome of two surgical techniques for repair of cranial cruciate ligament rupture in small breed dogs weighing less than 15 kg. The Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) was compared with an extraarticular method (capsular-fascial imbrication technique) by using an orthopedic examination, treadmill analysis, radiographic assessment of osteoarthritis progression and an owner questionnaire. The TPLO consisted of 13 patients with 21 operated stifle joints and was evaluated retrospectively. The extraarticular group however was composed of 22 dogs with 24 operated stifles and examined in a prospective manner. The majority of patients (91.7%) in the extraarticular group had meniscal tears, whereas those were confirmed in 14.3% in the TPLO group.

Based on the orthopedic examination it was demonstrated that patients of the TPLO group showed significantly less often a lameness at the time of final recheck. Other commonly used clinical examination criteria did not show any significant differences between groups. Treadmill analysis in which kinetic data were collected and analysed confirmed these results and revealed significantly more often deviations from physiologic gait pattern in the extraarticular group compared to the TPLO group. It should be noticed restrictively, that dogs of the extraarticular group were examined significantly earlier than those of the TPLO group. The radiographic screening for development of osteoarthritis failed to show stagnation of degenerative joint disease. Both groups indicated a slow, but continuous progression of osteoarthritis without significant differences between groups. Moreover there was a radiological significant soft tissue swelling close to the patella ligaments in the extraarticular group compared to preoperative values and to those of the TPLO group. The owners stated that dogs had a significant shorter reconvalescence after dynamic stabilisation. The difference in owner satisfaction was not significant between groups.

Having regard to all examination criteria and the different control times between groups it was shown that dogs with a cranial cruciate ligament rupture and a bodyweight of less than 15 kg achieved better clinical and gait analytic results with a TPLO than with the capsular-fascial imbrication technique. Nonetheless the

extraarticular repair should find consideration in stifle joint stabilisation in small breed dogs due to a high rate of owner satisfaction.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Adams, M ,Muir, H. The Glycosaminglycans of the canine menisci. *Biochem J* 1981; 197:385.

Allgoewer, I, Richter, A, Grüning, G, Meutstege, F, Waibl, H ,Brunnberg, L. Zwei intra-extraartikuläre Stabilisierungsverfahren zur Therapie des Ligamentum cruciatum craniale im Vergleich: Methode (mod.) nach Flo und Methode nach Meutstege. *Kleintierpraxis* 2000; 45: 95-103.

Alt, F (2000). Vergleichende Untersuchung zur Therapie der Ruptur des Ligamentum cruciatum craniale beim Hund mit drei verschiedenen extraartikulären Operationsverfahren. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. Hannover. Dr.med.vet.

Amiel, D, Ishizue, K, Haarwood, F, Kitabayashi, L ,Akeson, W. Injury of the anterior cruciate ligament: The role of collagenase in ligament degradation *J Orthop Res* 1989; 7: 486.

Amiel, D, Kleiner, J, Roux, R, Harwood, F ,Akeson, W. The phenomenon of ligamentization: Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. *J Orthop Res* 1986; 4: 162.

Ando, A, Suda, H, Hagiwara, Y, Onoda, Y, Chimoto, E ,Itoi, E. Remobilization does not restore immobilization-induced adhesion of capsule and restricted joint motion in rat knee joints. *Tohoku J Exp Med.* 2012; 227: 13-22.

Arnault, F, Cauvin, E ,Viguiet, E. Diagnostic value of ultrasonography to assess stifle lesions in dogs after cranial cruciate ligament rupture: 13 cases. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2009; 22: 479-85.

Arnoczky, S ,Marshall, J. The cruciate ligaments of the canine stifle: an anatomical and functional analysis. *Am J Vet Res* 1977; 38: 1807-14.

Arnoczky, S, Tarvin, G, Marshall, J ,Sajtzman, B. The over-the-top procedure: a technique for anterior cruciate ligament substitution in the dog. . J Am Anim Hosp Assoc 1979; 15: 283-90.

Au, K, Gorden-Evans, W, Dunning, D, O'Dell-Anderson, K, Knap, K, Griffon, D ,Johnson, A. Comparison of Short- and Long-term Function and Radiographic Osteoarthritis in Dogs After Postoperative Physical Rehabilitation and Tibial Plateau Leveling Osteotomy or Lateral Fabellar Suture Stabilization. Veterinary Surgery 2010; 39: 173-80.

Ballagas, A, Montgomery, R, Henderson, R ,Gillette, R. Pre- and Postoperative Force Plate Analysis of Dogs with Experimentally Transected Cranial Cruciate Ligaments Treated Using Tibial Plateau Leveling Osteotomy. Veterinary Surgery 2004; 33: 187-90.

Blond, L, Thrall, D, Roe, S, Chailleux, N ,Robertson, I. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for meniscal tears in dogs affected with naturally occurring cranial cruciate ligament rupture. Vet Radiol Ultrasound 2008; 49: 425-31.

Böddeker, J, Drüen, S, Meyer-Lindenberg, A, Fehr, M, Nolte, I ,Wefstaedt, P. Computer-assisted gait analysis of the dog: Comparison of two surgical techniques for the ruptured cranial cruciate ligament. Vet Comp Orthop Traumatol 2012; 25: 11-25.

Böttcher, P, Armbrust, L, Blond, L ,Brühschwein, A. Effects of observer on the diagnostic accuracy of low-field MRI for detecting canine meniscal tears. Vet Radiol Ultrasound 2012; 53: 628-35.

Böttcher, P, Fischer, C, Werner, H, Grevel, V ,Oechtering, G. Kniegelenksstabilität nach lateraler Fadenzügelung mit Ethibond Excel: Frühzeitige Destabilisierung nach passiver Gelenkbewegung. Tierärztl Prax 2010; 38: 61-9.

Böttcher, P, Winkels, P ,Oechtering, G. A Novel Pin Distraction Device for Arthroscopic Assessment of the medial Meniscus in Dogs. *Veterinary Surgery* 2009; 38: 595-600.

Boyd, D, Miller, C, Etue, S ,Monteith, G. Radiographic and functional evaluation of dogs at least 1 year after tibial plateau leveling osteotomy. *Can Vet J* 2007; 48: 392-6.

Brahm, T (2004). Umstellungsosteotomie des Tibiaplateaus nach B. Slocum zur Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur beim Hund- retrospektive Erhebung bei 115 Fällen. *Chirurgische Tierklinik der Universität München. München, Ludwig-Maximilians-Universität. Dr.med.vet.*

Brinker, W, Piermattei, D ,Flo, G, Eds. (2006). *Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair.* Place Published.

Bruce, W, Rose, A, Tuke, J ,Robins, G. Evaluation of the Triple Tibial Osteotomy. A new technique for management of the canine cranial cruciate-deficient stifle *Vet Comp Orthop Traumatol* 2007; 20: 159-68.

Bullough, P, Munuera, L ,Murphy, J. The strength of the menisci of the knee as it relates to their fine structure. *J Bone Joint Surg Br* 1970; 52:564.

Carlin, I. Ruptur des Ligamentum cruciatum anterius im Kniegelenk beim Hund. *Arch Wissensch Prakt Tierh* 1926; 54: 420-3.

Carobbi, B ,Ness, M. Preliminary study evaluating tests used to diagnose canine cranial cruciate ligament failure. *J Small Anim Pract* 2009; 50(5): 224-6.

Casale, S ,McCarthy, R. Complications associated with lateral fabellotibial suture surgery for cranial cruciate ligament injury in dogs: 363 cases (1997-2005). *JAVMA* 2009; 234.

Case, J, Hulse, D ,Kerwin, S. Meniscal injury following initial cranial cruciate ligament stabilization surgery in 26 dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2008; 21: 365.

Chauvet, A, Johnson, A, Pijanowski, G, Homco, L ,Smith, R. Evaluation of fibular head transposition, lateral fabellar suture, and conservative treatment of cranial cruciate ligament rupture in large dogs: a retrospective study. *J Am Anim Hosp Assoc* 1996; 32: 247-55.

Childers, H. New methods for cruciate ligament repair. *Mod Vet Pract* 1966; 47: 59.

Christopher, S, Beetem, J ,Cook, J. Comparison of Long-Term Outcomes Associated With Three Surgical Techniques for Treatment of Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs. *Veterinary Surgery* 2013; 42: 329-34.

Clements, D, Kennedy, L, Short, A, Barnes, A, Ferguson, J ,Ollier, W. Risk of canine cranial cruciate ligament rupture is not associated with the major histocompatibility complex. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2011; 24: 262-5.

Comberford, E, Smith, K ,Hayashi, K. Update on the aetiopathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease. *Veterinary and Comparative Orthopedics and Traumatology* 2011; 24.

Comerford, E, Forster, K, Gorton, K ,Maddox, T. Management of cranial cruciate ligament rupture in small dogs: A questionnaire Study. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2013; 26.

Conzemius, M, Evans, R, Besancon, M, Gordon, W, KHorstman, C, Hoefle, W, Nieves, M ,Wagner, S. Effect of surgical technique on limb function after surgery for rupture of the cranial cruciate ligament in dogs. *JAVMA* 2005; 226.

Cook, J, Luther, J, Beetem, J, Kames, J ,Cook, C. Clinical comparison of a

novel extracapsular stabilization procedure and tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *Veterinary Surgery* 2010; 39: 315-23.

De Rooster, H, De Bruin, T, Van Bree, H. Morphologic and Functional Features of the Canine Cruciate Ligaments. *Veterinary Surgery* 2006; 35: 769-80.

de Rooster, H, Van Ryssen, B, van Bree, H. Diagnosis of cranial cruciate ligament injury in dogs by tibial compression radiography. *Vet Rec* 1998; 142(14).

DeAngelis, M, Lau, R. A lateral retinacular imbrication technique for the surgical correction of ruptured anterior cruciate ligament in the dog. *JAVMA* 1970; 157: 79-84.

deMeideiros, M, Sanchez-Bustinduy, M, Radke, H, Langley-Hobbs, S, N, J. Early kinematic outcome after treatment of cranial cruciate ligament rupture by tibial plateau leveling osteotomy in the dog *Vet Comp Orthop Traumatol* 2011; 24: 178-84.

Dupius, J, Blackketter, D, Harari, J. Biomechanical properties of the stifle joint collateral ligament in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1991; 5: 158-62.

Dupius, J, Harari, J, Blackketter, D. Evaluation of the lateral collateral ligament after fibular head transposition in dogs. *Veterinary Surgery* 1994; 23(6): 456-65.

Duval, J, Budsberg, S, Flo, G. Breed, sex and body weight as risk factors for rupture of the cranial cruciate ligament in young dogs. *JAVMA* 1999; 215: 811-4.

Elkins AD, Pechman R, MT, K. A retrospective study evaluating the degree of degenerative joint disease in the stifle of dogs following surgical repair of anterior cruciate ligament rupture *J Am Anim Hosp Assoc* 1991; 27: 533-40.

Ertelt, J ,Fehr, M. Cranial cruciate ligement repair in dogs with and without meniscal lesions treated by different minimally invasive methods. Vet Comp Orthop Traumatol 2009; 22: 21-6.

Etchepareborde, S, Brunel, L, Bollen, G ,Balligand, M. Preliminary experience of a modified Marquet technique for repair of cranial cruciate ligament rupture in dogs. Vet Comp Orthop Traumatol 2011; 24: 225.

Fischer, C, Cherres, M ,Grevel, V. Effect of attachmant sites and joint angle at the time of lateral suture fixation on tension in the suture for stabilization of the cranial cruciate ligament deficient stiffl in dogs. Veterinary Surgery 2010; 39: 334-43.

Flo, G. Modification of the lateral retinacular imbrication technique for stabilizing cruciate ligament injuries. J Am Anim Hosp Assoc 1975; 11: 570-6.

Francis, D, Millis, D ,Head, L. Bone and Lean Tissue Changes Following Cranial Cruciate Ligament Transection and Stifle Stabilization. J Am Anim Hosp Assoc 2006; 42: 127-35.

Galindo-Zamora, V, Dziallas, P ,Ludwig, D. Diagnostic accuracy of a short-duration 3 Tesla magnetic resonance protocol for diagnosing stiffl joint lesions in dogs with non-traumatic cranial cruciate ligament rupture. Vet Res 2013; 9: 40.

Gambadella, P, Wallace, L ,Cassidy, F. Lateral suture technique for management of anterior cruciate ligament rupture in dogs. J Am Anim Hosp Assoc 1981; 17: 33-8.

Gatineau, M, Dupuis, J ,Planté, J. Retrospective study of 476 tibial plateau leveling osteotomy procedures. Vet Comp Orthop Traumatol 2011; 24: 333-41.

Gordon-Evans, W, Griffon, D ,Bubb, C. Comparison of lateral fabellar suture and tibial plateau leveling ostotomy techniques for treatment of dogs with cranial

cruciate ligament disease. JAVMA 2013; 243: 675-80.

Hayes, G, Langley-Hobbs, S, Jeffery, N. Risk factors for medial meniscal injury in association with cranial cruciate ligament rupture J Small Anim Pract 2010; 51: 630-4.

Henderson, R, Milton, J. The tibial compression mechanism: A diagnostic aid in stifle injuries. J Am Anim Hosp Assoc 1978; 14: 474.

Hoffmann, D, Miller, J, Ober, C. Tibial tuberosity advancement in 65 canine stifles. Vet Comp Orthop Traumatol 2006; 19: 219-27.

Hulse, D, Beale, B, Kerwin, S. Second look arthroscopic findings after tibial plateau leveling osteotomy. Veterinary Surgery 2010; 39(3): 350-4.

Hulse, D, Michaelson, F, Johnson, C, Ybdelbaki, Y. A technique for reconstruction of the anterior cruciate ligament in the dog: A preliminary report. Veterinary Surgery 1980; 9: 135-40.

Imholt, K, Möller, S, Fehr, M, Meyer-Lindenberg, A. Lahmheits- und Osteoarthroseentwicklung nach Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) und potenzielle prognostische Einflussfaktoren. Tierärztl Prax 2011; 39: 323-35.

Inauen, R, Koch, D, Bass, M. Tibial tuberosity conformation as a risk factor for cranial cruciate ligament rupture in the dog. Vet Comp Orthop Traumatol 2009; 22: 16-20.

Innes, J, Barr, A. Can owners assess outcome following treatment of caninocruciate ligament deficiency? JSAP 1998; 39: 373-8.

Johnson, J, Austin, C, Breuer, G. Incidence of canine appendicular musculoskeletal disorders in 16 veterinary teaching hospitals from 1980-1989. Vet Comp Orthop Traumatol 1994; 7: 56-69.

Kambic, H ,McDevitt, C. Spatial organization of types I and II collagen in the canine meniscus. J Orthop Res 2005; 23:142.

Kanno, N, Amimoto, H ,Hara, Y. In vitro evaluation of the relationship between the semitendinosus muscle and cranial cruciate ligament in canine cadavers. Am J Vet Res 2012; 73(5): 672-80.

Kim, S, DD, L ,Pozzi, A. Effect of Tibial Plateau Leveling Osteotomy on Femorotibial Subluxation: In Vivo during Standing. Veterinary Surgery 2012; 41: 465-70.

Kim, S, Pozzi, A, Banks, S, Conrad, B ,Lewis, D. Effect of Tibial Plateau Leveling Osteotomy on Femorotibial Contact Mechanics and Stifle Kinematics. Veterinary Surgery 2009; 38: 23-32.

König, H ,Liebich, H, Eds. (1999). Anatomie der Haussäugetiere. I. Bewegungsapparat. Place Published, Schattauer.

Krause, W, Pope, M ,Johnson, R. Mechanical changes in the knee after meniscectomy. J Bone Joint Surg Am 1976; 58:599.

Lazar, T, Berry, C, DeHaan, J, Peck, J ,Correa, M. Long-term radiographic comparison of tibial plateau leveling osteotomy versus extracapsular stabilization for cranial cruciate ligament rupture in the dog. Veterinary Surgery 2005; 34: 133-41.

Lee, J, Kim, G, Kim, J ,Choi, S. Kinematic Gait Analysis of the Hind Limb after Tibial Plateau Leveling Osteotomy and Cranial Tibial Wedge Osteotomy in Ten Dogs. J . Vet. Med. A 2007; 54: 579-84.

Leighton, R. Preferred method of repair of cranial cruciate ligament rupture in dogs: asurvey of ACVS Diplomates specializing in canine orthopedics. Veterinary Surgery 1999; 28: 194.

Lodato, D, Wardlaw, J ,Rowe, D. Retrospective Study Comparing Two Materials Commonly Used in the LFS Technique for CCLR. JAAHA 2013; 49: 108-14.

Lopez, M, Markel, M ,Kalscheur, V. Hamstring Graft Technique for Stabilization of Canine Cranial Cruciate Ligament Deficient Stifles. Veterinary Surgery 2003; 32(4): 390-401.

Macdonald, T, Allen, D ,Monteith, G. Clinical assessment following tibial tuberosity advancement in 28 stifles at 6 months and 1 year after surgery. Can Vet J 2013; 54: 249-54.

Mager, F (2000). Zur Kniegelenkarthrose des Hundes nach vorderer Kreuzbandruptur-ein retrospektiver Vergleich dreier Operationsmethoden. Chirurgische und Gynäkologische Kleintierklinik München, Ludwig-Maximilians-Universität.

Mahn, M, Cook, J ,Balke, M. Arthroscopic verification of ultrasonographic diagnosis of meniscal pathology in dogs. Veterinary Surgery 2005; 34: 318-23.

Mann, F, C, W-M ,Tangner, C. Manual goniometric measurement of the canine pelvic limb. J Am Anim Hosp Assoc 1988; 24:189.

Marshall, J. Periarticular Osteophytes. Initiation and formation in the knee of the dog Clin Orthop Relat Res. 1969; 62: 37-47.

Marshall, J ,SE, O. Instability of the knee. A long-term experimental study in dogs. . J Bone Joint Surg Am 1971; 53: 1561-70.

Matis, U (2010). TPLO in small dogs and cats. Istanbul, Veterinary Faculties of T.C. Istanbul, Istanbul, Turkey.

McCurnin, D, Pearson, P ,Wass, W. Clinical and pathological evaluation of

ruptured cranial cruciate repair in the dog. Am J Vet Res 1971; 32:1517.

Might, K, Bachelez, A ,Martinez, S. Evaluation of the drawer test and the tibial compression test for differentiating between cranial and caudal stifle subluxation associated with cruciate ligament instability. Veterinary Surgery 2013; 42: 392-7.

Monahan, J, Grigg, P ,Pappas, A. In vivo strain patterns in the four major canine knee ligaments. J Orthop Res 1984; 2:408.

Montavon, P, Damur, D ,Tepic, S (2002). Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of the cranial cruciate deficient canine stifle ESVOT-VOS 1st World Orthopedic Veterinary Congress. Munich, Germany: 152.

Muir, P, Schamberger, G, Manley, P ,Hao, Z. Localization of cathepsin K and tartrate-resistant acid phosphatase in synovium and cranial cruciate ligament in dogs with cruciate disease. Veterinary Surgery 2005; 34: 239-46.

Nelson, S, Krotscheck, U, Rawlinson, J, Todhunter, R, Zhang, Z ,Mohammed, H. Long-Term Functional Outcome of Tibial Plateau Leveling Osteotomy Versus Extracapsular Repair in a Heterogeneous Population of Dogs. Veterinary Surgery 2013; 42: 38-50.

Ness, M, Abercromby, R, May, C, Turner, B ,Carmichael, S. A survey of orthopedic conditions in small animal veterinary practice in Britain. Vet Comp Orthop Traumatol 1996; 9: 43-52.

Nickel, R, Schummer, A ,Seiferle, E, Eds. (1992). Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. I. Bewegungsapparat. Place Published, Parey.

Olive, J, d'Anjou, M ,Cabassu, J. Fast presurgical magnetic resonanz imaging of medial mensical tears and concurrent subchondral bone marrow lesions. Vet Comp Orthop Traumatol 2014; 27: 1-14.

Oxley, B, Gemmill, T, Renwick, A, Clements, D ,McKee, W. Comparison of complication rates and clinical outcome between tibial plateau leveling osteotomy and a modified cranial closing wedge osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs Veterinary Surgery 2013; 42: 739-50.

Paatsama, S (1952). Ligament Injuries of the Canine Stifle Joint: A Clinical and Experimental Study. . Helsinki, University of Helsinki.

Pettazoni, M (2010). cTTA (circular Tibial Tuberosity Advancement). ESVOT-VOS.

Pond, M ,Campbell, J. The canine stifle joint: Rupture of the anterior cruciate ligament. JSAP 1972; 13:1: 1-10.

Pond, M ,Campbell, J. The canine stifle joint: Rupture of the anterior cruciate ligament. JSAP 1972; 13:1: 1-10.

Poulsen-Nautrup, C ,Tobias, R. Atlas und Lehrbuch der Ultraschall Diagnostik bei Hund und Katze. Place Published: Schlütersche. 1998.

Pozzi, A, Hildreth, Br ,Rajala-Schultz, P. Comparison of arthroscopy and arthrotomy for diagnosis of medial meniscal pathology: an ex vivo study. Veterinary Surgery 2008; 37: 749-55.

Ragety, C, Evans, R ,Mostafa, A. Multivariate Analysis of Morphometric Characteristics to Evaluate Risk Factors for Cranial Cruciate Ligament Deficiency in Labrador Retrievers. Veterinary Surgery 2011; 40: 327-33.

Ralphs, S ,Whitney, W. Arthroscopic evaluation of menisci in dogs with cranial cruciate ligament injuries: 100 cases. Am Vet Med Assoc 2002; 221: 1601.

Rayward, R, Thomson, D ,Davies, J. Progression of osteoarthritis following TPLO surgery: a prospective radiographic study of 40 dogs. JSAP 2004; 45: 92-7.

Robinson, R, Herzog, W ,Nigg, B. Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. Journal of Manipulative Physiological Therapeutics 1987; 10 172-6.

Roe, S, Kue, J ,Gemma, J. Isometry of potential suture attachment sites for the cranial cruciate ligament deficient canine stifle. Vet Comp Orthop Traumatol 2008; 21: 215-20.

Sanchez-Bustinduy, M, deMeideiros, M ,Radke, H. Comparison of Kinematic Variables in Defining Lameness Caused by Naturally Occurring Rupture of the Cranial Cruciate Ligament in Dogs. Veterinary Surgery 2010; 39: 523-30.

Seong, Y, Eom, K, Lee, H, Lee, J, Park, J, Lee, K, Jang, K, Oh, T ,Yoon, J. Ultrasonographic evaluation of cranial cruciate ligament rupture via dynamic intra-articular saline injection. Veterinary Radiology & Ultrasound 2005; 46: 80-2.

Slatter, D, Ed. (2003). Textbook of small animal surgery. Place Published.

Slocum, B ,Devine Slocum, T. Cranial tibial wedge osteotomy: a technique for eliminating cranial tibial thrust in cranial cruciate ligament repair. . JAVMA 1984; 184(5): 564-9.

Slocum, B ,Slocum, T. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine Vet Clin of North Am Sm Anim Prac 1993; 23: 777-95.

Smith, G ,Torg, J. Fibular head trasposition for repair of cruciate-deficient stifle in the dog. J Am Vet Med Assoc. 1985; 187: 375-83.

Snow, L, White, R, Gustavson, S, Xie, L, Hosgood, G, Monroe, W, Casey, J ,Lopez, M. Ex vivo comparison of three surgical techniques to stabilize canine cranial cruciate ligament deficient stifles Veterinary Surgery 2010; 39.

- Solomonow, M, Baratta, R ,Zhou, B.** The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. Am J Sports Med 1987; 3:207.
- Thieman, K, Pozzi, A ,Ling, H.** Contact mechanics of simulated meniscal tears in cadaveric canine stifles. Veterinary Surgery 2009; 38(7): 803-10.
- Thompson, A, Bergh, M ,Wang, C.** Tibial plateau leveling osteotomy implant removal: A retrospective analysis of 129 cases. Vet Comp Orthop Traumatol 2011; 24: 450-6.
- Timmermann, C, Meyer-Lindenberg, A ,Nolte, I.** Versorgung des vorderen Kreuzbandrisses beim Hund mit einer intraartikulären (>>Over-The-Top<<) und einer extraartikulären (>>Fasziendopplungs<<-)Methode. Tierärztl Prax 1996; 24: 590-5.
- Tobias, K ,Johnston, S,** Eds. (2011). Veterinary Surgery Small Animal. Place Published, Elsevier.
- Vasseur, P,** Ed. (2002). Stifle joint. Slatter DH, Textbook of Small Animal Surgery. Place Published, Saunders, Philadelphia, PA.
- Vasseur, P ,Berry, C.** Progression of stifle osteoarthritis following reconstruction of the cranial cruciate ligament in 21 dogs. J Am Anim Hosp Assoc 1992; 28: 129-36.
- Vasseur, P, Pool, R, Arnoczky, S ,Lau, R.** Correlative biomechanical and histologic study of the cranial cruciate ligament in dogs. Am J Vet Res 1985; 46: 1842-54.
- Vasseur, P, Rodrigo, J, Stevenson, S, Clark, G ,Sharkey, N.** Replacement of anterior cruciate ligament with a bone-ligament-bone anterior cruciate ligament allograft in dogs. Clin Orthop 1987: 268-77.

- Vasseur, P, Stevenson, S, Gregory, C, Rodrigo, J, Pauli, S, Heitter, D ,Sharkey, N.** Anterior cruciate ligament allograft transplantation in dogs. Clin Orthop Relat Res. 1991; 269: 295.
- Vezzoni, A** (2010). TPLO in small dogs. 3rd WVOC, 15th ESVOT Congress.
- Voss, K, Damur, D, Guerrero, T, Haessig, M, Montavon, P.** Force plate gait analysis to assess limb function after tibial tuberosity advancement in dogs with cranial cruciate ligament disease. Vet Comp Orthop Traumatol 2008; 21: 243-9.
- Waxman, A, Robinson, D, Evans, R, Hulse, D, Innes, J, Conzemius, M.** Relationship between objective and subjective assessment of limb function in normal dogs with an experimentally induced lameness. Veterinary Surgery 2008; 37: 241-6.
- Whitehair, J, Vasseur, P.** Epidemiology of cranial cruciate ligament rupture in dogs. JAVMA 1993; 203:1016.
- Williams, J, Tomlinson, J, Constantinescu, G.** Diagnosing and treating meniscal injuries in the dog. Vet Med 1994; 89: 42.
- Winegardner, K, Scrivani, P, Krotschek, U.** Magnetic resonance imaging of subarticular bone marrow lesions in dogs with stifle lameness. Vet Radiol Ultrasound 2007; 48: 312-7.
- Wucherer, K, Conzemius, M.** Short-term and long-term outcomes for overweight dogs with cranial cruciate ligament rupture treated surgically or nonsurgically. JAVMA 2013 242: 1364-72.

IX. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1: Die Biomechanik des kaninen Kniegelenks unter Berücksichtigung der durch aktiven Stabilisatoren wirkenden Kräfte (Pfeile). A = M. quadriceps femoris; B = M. biceps femoris; C = M. semimembranosus; E = M. ext. digit. longus; F = Zentrum der Bewegung (aus SLOCUM&SLOCUM 1993)* 12
- Abbildung 2: Der Schubladentest –kraniokaudale Translation der Tibia relativ zum Femur zur Überprüfung der Kniegelenksstabilität (aus FISCHER 2010)* 17
- Abbildung 3.: Der Tibiakompressionstest –Schematische Darstellung des Tibiakompressionstests. Die auf das Kniegelenk wirkenden Kräfte sind mit entsprechenden Pfeilen gekennzeichnet (mit freundlicher Genehmigung von torringtonorthopedics.com)* 18
- Abbildung 4: Mediolaterale Röntgenaufnahme des Kniegelenks eines Hundes mit vorderer Kreuzbandruptur und akuter klinischer Symptomatik. Auffällig sind die vermehrte Gelenkfüllung (Pfeil) und eine geringgradige kraniale Dislokation der Tibia relativ zum Femur (schwarze Linie = reelle Positionierung von Femur und Tibia zueinander (kraniale Subluxationsstellung der Tibia)). Physiologischerweise sollte die Eminentia intercondylaris der Tibia mittig der Femurkondylen lokalisiert sein (rot gestrichelte Linie = physiologische Positionierung von Femur und Tibia zueinander).* 20
- Abbildung 5: Darstellung der Pathogenese der Meniskusläsion im Zusammenhang mit einer vorderen Kreuzbandruptur beim Hund nach SLOCUM & SLOCUM (1993). C = Masse des Wagens und vertikale Kraft; D = resultierende Kraft (bestehend aus Gravitationskraft, Masse des Wagens, vertikaler Kraft und dem Gefälle), E = Keil, F = Seil)* 22
- Abbildung 6: Sagittale Darstellung des Kniegelenks eines Hundes mit vorderer Kreuzbandruptur in der T2 Wichtung einer magnetresonanztomographischen Untersuchung. Der ausgeprägte Gelenkerguss (Stern), die fehlende Abgrenzbarkeit des vorderen Kreuzbandes (Blockpfeil) und ein Ödem des subchondralen Knochens (Pfeil) sind Merkmale für die Erkennung einer Meniskusläsion.* 25
- Abbildung 7: Die intraartikuläre „Over-The-Top“-Technik nach ARNOCZKY et al. (1979) Hier als Modifikation unter Verwendung eines Knochenankers zur Befestigung des Autotransplantats (aus FISCHER 2010)* 31

<i>Abbildung 8: Untersuchung zur Isometrie potentialer Verankerungspunkte für Implantate bei extraartikulären Operationstechniken zur Behandlung des vorderen Kreuzbandrisses beim Hund. Nach ROE et al.2008 bieten Punkt 4 am Femur und Punkt 1 an der Tibia die Lokalisationen mit bestmöglicher Isometrie für Implantate (aus ROE et al. (2008), Verwendet mit freundlicher Genehmigung der Autoren).</i>	33
<i>Abbildung 9: Die extraartikuläre Operationsmethode nach DEANGELIS und LAU (1970), hier modifiziert durch Verwendung eines chirurgischen Drahtes (aus FISCHER 2010)</i>	34
<i>Abbildung 10: Die extraartikuläre Operationsmethode mit einem Fadenzügel modifiziert nach FLO (1975) (aus FISCHER 2010)</i>	35
<i>Abbildung 11: Die Fibulakopftransposition nach SMITH und TORG (1985) (aus FISCHER 2010)</i>	36
<i>Abbildung 12: Schematische Darstellung der Tight-Rope Technik (aus Arthrex® Vet systems procedure manual)</i>	38
<i>Abbildung 13: Die Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) nach SLOCUM und SLOCUM (1993) (aus FISCHER 2010)</i>	41
<i>Abbildung 14: Mediolaterale und kaudokraniale Röntgenaufnahme des rechten Kniegelenks eines Hundes nach einer TPLO</i>	45
<i>Abbildung 15: Die Tibial Tuberosity Advancement (TTA) Methode nach MONTAVON et al. (2002) (aus FISCHER 2010)</i>	46
<i>Abbildung 16: Bildliche Darstellung der Osteoarthrosekategorien (MAGER, 2000). Kategorie 1 \triangleq keine Arthrose; Kategorie 2 \triangleq geringgradige Arthrose; Kategorie 3 \triangleq mittelgradige Arthrose; Kategorie 4 \triangleq hochgradige Arthrose</i>	53
<i>Abbildung 17: Darstellung der 15 Untersuchungspunkte zur Ermittlung des Arthroseindex (MAGER, 2000)</i>	54
<i>Abbildung 18: Fotografische Darstellung des Ganganalyselabors der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der LMU München.</i>	57
<i>Abbildung 19: Methode zur Bestimmung des Tibiaplateauwinkels. Hier als Modifikation der 1984 von SLOCUM und DEVINE beschriebenen Methode.</i>	60
<i>Abbildung 20: Die Kapselfasziensraffung und Fasziendopplung an einem Kadavermodell. 1) Durchstechen der Gelenkkapsel im Bereich des Lig.fabellopatellaris und Perforation des Ligamentum patellae 2) Knotung der zwei stabilisierenden Haltefäden 3/4) Dopplung der Fascia lata et genu</i>	62
<i>Abbildung 21: Röntgenologische Darstellung eines Kniegelenks vor (links), 6</i>	

Wochen nach (Mitte) und > 6 Monate nach einer TPLO (rechts). Auffällig ist die geringgradige Progression der Osteoarthrose, besonders im Bereich der Trochlea ossis femoris und die mittelgradige Progression im Bereich des kaudalen

Tibiaplateaus

74

Abbildung 22: Röntgenologische Darstellung eines linken Kniegelenks eines Hundes vor (links), 6 Wochen nach (Mitte) und > 6 Monate nach einer KFR und FD (rechts). Auffällig sind eine mittelgradige Progression der Osteoarthrose im Bereich des kaudalen Tibiaplateaus und die Weichteilschwellung im Bereich des Lig. patellae, insbesondere 6 Wochen nach dem Eingriff

75

X. TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1: Übersicht zu den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen einiger Untersuchungen zur intraartikulären Kniegelenksstabilisierung beim Hund</i>	<i>30</i>
<i>Tabelle 2: Übersicht zu den Ergebnissen einiger Untersuchungen zur extraartikulären Kniegelenksstabilisierung beim Hund nach Angaben aus der Literatur.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 3: Übersicht zu den Ergebnissen einiger Untersuchungen zur dynamischen Kniegelenksstabilisierung beim Hund nach Angaben in der Literatur</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 4: Geschlechtsverteilung in den Gruppen (m = männlich; mk = männlich kastriert; w = weiblich; wk = weiblich kastriert)</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 5: Definition der anatomischen Orientierungspunkte, bezogen auf die mediolaterale Projektion bei der röntgenologischen Untersuchung, zur Bewertung der osteoarthrotischen Veränderungen (MAGER, 2000).....</i>	<i>55</i>
<i>Tabelle 6: Definition der anatomischen Orientierungspunkte, bezogen auf die kraniokaudale Projektion bei der röntgenologischen Untersuchung, zur Bewertung der osteoarthrotischen Veränderungen (MAGER, 2000).</i>	<i>56</i>
<i>Tabelle 7: Häufigkeit, Art und Gruppenverteilung der in die Untersuchung eingeschlossenen Hunderassen</i>	<i>66</i>
<i>Tabelle 8: Vergleichende Darstellung der Patienten beider Untersuchungsgruppen hinsichtlich des Alters, Geschlechts und des Gewichts. Die Signifikanz wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.</i>	<i>67</i>
<i>Tabelle 9: Vergleichende Darstellung der präoperativen klinischen, röntgenologischen und ganganalytischen Untersuchungsergebnisse.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 10: Vergleichende Darstellung der postoperativen klinischen, röntgenologischen und ganganalytischen Untersuchungsergebnisse zum Zeitpunkt der jeweiligen Abschlussuntersuchung.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabelle 11: Vergleichende Darstellung der TPLO und der KFR und FD unter Einbeziehung aller Untersuchungsmethoden, der Signifikanz und der Effektgrößen.</i>	<i>73</i>

XI. ANHANG

1. Besitzerfragebogen

Signalement

- a) Kliniknummer _____
b) Name des Besitzers _____
c) Name des Hundes _____
d) Alter des Hundes _____
e) Rasse _____
f) Gewicht _____
g) Geschlecht Hündin ☐ Rüde ☐ kastriert ☐ nicht kastriert ☐

Angaben zum Heilungsverlauf

1) Bitte bewerten Sie das Ergebnis der Operation!

- ☐ sehr gut
☐ gut
☐ befriedigend
☐ unbefriedigend (warum?) _____

2) Nach wie vielen Tagen nach der Operation war eine geringfügige Belastung zu erkennen?

3) Nach wie vielen Tagen nach der Operation war eine vollständige Belastung erkennbar?

4) Belastet Ihr Hund momentan vollständig?

- ☐ ja
☐ nein (Wann nicht?) _____

5) Bestehen seit der Operation Einschränkungen in der Bewegung?

- ☐ nein

☐ ja

O bei Beugung des Kniegelenkes

O bei Streckung des Kniegelenkes

6) *Hat sich etwas an der Sitzhaltung Ihres Hundes nach der Operation verändert?*

- ☐ nein, die Sitzhaltung ist normal
☐ ja, das operierte Bein wird beim Sitzen gestreckt
☐ sonstige Abweichungen(welche?)_____

7) *Gab es Komplikationen im Heilungsverlauf, die eine weitere Operation an dem gleichen Kniegelenk notwendig machten?*

- ☐ nein
☐ ja
O Lockerung des Implantates
O Meniskusschaden
O Wundinfektion
O andere
re_____

8) *Falls ein weiteres Mal operiert wurde:*

8.1) Wie lange nach der ersten Operation fand der zweite Eingriff statt?

8.2) Nach wie vielen Tagen war eine geringfügige Belastung erkennbar?

8.3) Nach wie vielen Tagen war eine vollständige Belastung erkennbar?

9) *Wurden Ihrem Hund nach der Operation Medikamente verabreicht?*

- ☐ nein
☐ ja (Welche? Über welchen Zeitraum?)_____

10) *Verabreichen Sie Ihrem Hund gegenwärtig Medikamente?*

- ☐ nein
☐ ja (Welche? Seit wann?)_____

2. Klinisch-orthopädisches Untersuchungsprotokoll

Für die präoperative Befunderhebung und zur postoperative Erfassung des Heilungsverlaufes wurden die gängigen Beurteilungskriterien einer klinisch-orthopädischen Untersuchung analog zum Bewertungsschlüssel von *Brahm (2004)* evaluiert:

Lahmheitsgrad

0 = lahmheitsfrei

I = undeutlich; geringgradig; Gangbild kaum gestört

II = deutlich geringgradig; Gangbild gestört, aber stetige Belastung der Gliedmaße

III = mittelgradig; Gangbild gestört, keine stetige Belastung der Gliedmaße

IV = hochgradig; Gangbild gestört; keine Belastung der Gliedmaße

Sitztest

+ = Sitztest positiv

- = Sitztest negativ

Muskelatrophie

Durchführung der Messung: Mit einem Maßband wurden die Muskelumfangsmessungen beidseits horizontal auf Höhe des Inguinalspaltes vorgenommen. Die Angabe erfolgt als Differenz zwischen kontralateraler und betroffener Seite.

Beispiel:

-1 = Muskelatrophie von 1 cm

+ 2 = kontralaterale Seite um 2 cm schwächer bemuskelt

Schubblade post OP:

negativ = Schubladenphänomen nicht auszulösen (0-2mm)

geringgradig = Schublade auszulösen (2-5mm)

mittelgradig = Schublade auszulösen (5-10mm)

hochgradig = Schublade auszulösen (>10mm)

fraglich = nicht beurteilbar, da Hund zu verspannt (Sedation von Besitzer nicht erwünscht)

Krepitation bei passiver Beugung und Streckung:

0 = keine Krepitation

1 = mäßige Krepitation

2 = starke Krepitation

Schmerzhaftigkeit bei Manipulation:

0 = keine Schmerzhaftigkeit auszulösen

1 = Schmerzüßerung nur bei Hyperextension, Schublade oder Tibia- Kompressionstest

2 = Schmerzüßerung bei passiver Beugung und Streckung

Schwellung:

0 = keine Schwellung

1 = mäßige Schwellung

2 = starke Schwellung

K = knöcherne Schwellung

D = derbe Weichteilschwellung

Weichteilabdeckung der Platte:

0 = Platte nicht unter der Haut fühlbar

1 = Platte unter der Haut palpierbar, nicht exakt abzugrenzen

2 = Platte deutlich fühlbar, palpatorisch abzugrenzen

Meniskusschaden:

A = „Meniskusklicken“ bei Extension/Flexion auditiv wahrnehmbar

B = Kein „Meniskusklicken“ bei Extension/Flexion auditiv wahrnehmbar

Name des Besitzers: _____

Name des Hundes: _____

Patientennummer: _____

Operationstechnik: _____

Prae operationem ☐ Post operationem ☐

Tag der Untersuchung: _____

<i>Beurteilungskriterium</i>	<i>Schweregrad</i>	<i>Bemerkung</i>
Lahmheitsgrad		
Sitztest		
Muskelatrophie		
Schublade post OP/ prä OP		
Krepitation		
Schmerzhaftigkeit bei Manipulation		
Schwellung		
Weichteilabdeckung der Platte		
Meniskusschaden		

XII. DANKSAGUNG

Besonderer Dank gilt meiner Doktormutter, Frau Prof. Dr. med. vet. Andrea Meyer-Lindenberg, für die Überlassung des Themas, die Betreuung, die Korrekturen und die Unterstützung während der Anfertigung der Arbeit.

Zudem möchte ich mich bei Frau Dr. med. vet. Julia Knebel für die Korrekturen, die Lehre und die klinisch Betreuung bedanken.

Weiterhin möchte ich mich vielmals bei Frau Dr. med. vet. Stephanie Steigmeier-Raith für die umfangreiche Zusammenarbeit im Ganganalyselabor bedanken, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Ebenfalls danke ich Herrn PD Dr. med. vet. Sven Reese für die Hilfe bei der statistischen Auswertung dieser Untersuchung.

Danke sagen möchte ich auch der radiologischen Abteilung für die Unterstützung und Anfertigung der Röntgenaufnahmen und Herrn Dr. med. vet. Korbinian Pieper und Julius Klever für die technische Hilfe.

Außerdem danke ich allen Patientenbesitzern für die Teilnahme an dieser Untersuchung.

Ein Dankeschön gilt auch Frau Prof. Dr. med. vet. Ulrike Matis für die Überlassung der retrospektiv ermittelten Patientendaten.

Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. med.vet. Peter Böttcher für die Bereitstellung der Abbildungen aus der Arbeit von FISCHER 2010, der Fa. Arthrex® und Dr. Torrington für die Bereitstellung der Abb.3 und 12.

Abschließend danke ich ganz besonders meinen Eltern, meinen Brüdern Sven und Marc, wie auch Christiane für den stetigen Rückhalt und die Unterstützung, die für die Anfertigung dieser Arbeit unerlässlich waren.